

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

FACULTAD DE VETERINARIA

"ESTIMACION DE LA COMPOSICION CORPORAL EN GANADO  
OVINO A PARTIR DEL ESPACIO DE DIFUSION DEL OXIDO  
DE DEUTERIO: EFECTO DE LA FASE FISIOLOGICA Y DEL  
PLANO DE ALIMENTACION".

MEMORIA QUE PRESENTA PARA  
ASPIRAR AL GRADO DE DOCTOR  
EN VETERINARIA

Dña. M. DOLORES BAUCHELLS SANCHEZ

Zaragoza, Marzo 1988

CARLOS CASTRILLO GONZALEZ, Profesor Titular del Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza

CERTIFICAN: Que la presente memoria con el título de "Estimación de la composición corporal en ganado ovino a partir del espacio de difusión del óxido de deuterio: Efecto de la fase fisiológica y del plano de alimentación", elaborada por la licenciada en Veterinaria Dña. M. DOLORES BAUCCELLS SANCHEZ, ha sido realizada bajo su dirección, y cumple las condiciones exigidas para optar al grado de Doctor en Veterinaria.

Para que conste, firma la presente en Zaragoza a veintinueve de febrero de mil novecientos ochenta y ocho.

Fdo.: Carlos Castrillo González

La autora de esta Memoria ha disfrutado de una Beca del Plan de Formación del Personal Investigador, concedida por el M° de Educación y Ciencia.

### AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento al Dr. D. Carlos Castrillo, por su dirección y participación en todas y cada una de las fases del presente trabajo.

Al Prof. Dr. D. José Antonio Guada y al Dr. D. Antonio Purroy por su continuo apoyo y colaboración en la realización del trabajo y por sus valiosas sugerencias en todos los casos en que les hemos consultado.

A la Unidad de Producción Animal, Pastos y Forrajes, del Servicio de Investigaciones Agrarias (Diputación General de Aragón), por haber puesto a nuestra disposición los medios necesarios para la ejecución del Trabajo Experimental, en especial a D. Enrique Morago y a D. Fidel Lahoz.

A los Drs. Mr. M. Theriez y Mr. F. Bocquier del Laboratorio de Producción Ovina INRA (THEIX, Francia), por facilitarnos los medios necesarios para llevar a cabo la determinación analítica del óxido de deuterio, así como por el interés demostrado hacia el presente trabajo.

Al Dr. D. Francisco Javier Ovejero y al Estación Agrícola Experimental C.S.I.C. (León), por su colaboración en la realización de la parte analítica.

Tambien deseo constar mi agradecimiento a D. Angel Barceló, por su inestimable ayuda e interés en las determinaciones analíticas. A Dña. Rosa Herrero, por su participación en el trabajo analítico y por su excelente labor mecanográfica. A D. Jaime Villares por la eficaz supervisión del trabajo mecanográfico. A todos ellos por la ayuda personal que me han brindado.

A Isabel Sebastián por su amistad y por hacer tan gratas las muchas horas de trabajo experimental compartidas.

A D. Manuel Lacambra, a Josep, Quim, Antonio y Manolo, miembros del Laboratorio de Nutrición y Alimentación, por su estímulo y apoyo.



A mi familia, por su cariño.

A AnaC., Rosana, Blanca, Juan, Manuel, por su amistad, por todo.

A Nacho, por mucho más que todo.

## INDICE

	<u>Pag.</u>
I.- <u>INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	1
II.- <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u> .....	5
1.- VARIACIONES DE LA COMPOSICION DEL CUERPO MATERNO A LO LARGO DEL CICLO REPRODUCTIVO.....	5
1.1.- Introducción.....	5
1.2.- Gestación.....	6
1.2.1.- Transformaciones metabólicas.....	7
1.2.2.- Transformaciones orgánicas.....	8
1.2.3.- Cambios en la composición química del cuerpo.....	11
1.2.3.1.- Cambios en el contenido en agua, proteína y cenizas del cuerpo.....	11
1.2.3.2.- Variación del contenido en lípidos del cuerpo.....	14
1.3.- Lactación.....	17
1.3.1.- Cambios metabólicos inducidos por la lactación.....	17
1.3.2.- Transformaciones orgánicas.....	19
1.3.3.- Cambios en la composición química del cuerpo.....	20
1.3.3.1.- Cambios en el contenido en agua, proteína y cenizas del cuerpo.....	21
1.3.3.2.- Variación del contenido en lípidos.....	25
1.4.- Composición y valor energético de los cambios de peso...	30
2.- DETERMINACION DE LAS VARIACIONES DE LA COMPOSICION CORPORAL O ESTADO DE RESERVAS DE LOS ANIMALES.....	33
2.1.- Métodos directos de determinación de la variación de la composición corporal.....	33
2.1.1.- Determinación de la composición química del cuerpo....	34
2.2.- Métodos indirectos de estimación de la composición corporal.....	38
2.2.1.- Body Condition Score.....	38
2.2.2.- Relación entre la composición del cuerpo y el peso de los animales.....	41
2.3.- Métodos basados en los espacios de difusión de marcadores estrechamente ligados al agua.....	44

2.2.3.1.- Principios del método.....	45
2.2.3.1.1.- Relación entre la composición corporal y el contenido en agua del organismo.....	45
2.2.3.1.2.- Estimación del volumen hídrico del cuerpo a partir del espacio de difusión de un marcador.....	54
2.2.3.2.- Marcadores utilizados.....	59
2.2.3.3.- Estimación del volumen de agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del agua marcada.....	62
2.2.3.4.- Predicción de la composición química y contenido energético del cuerpo a partir del ED del agua marcada.....	69
2.2.4.- Otros métodos indirectos de estimación de la composición corporal.....	76
2.2.4.1.- Métodos basados en la densidad corporal.....	76
2.2.4.2.- Métodos basados en la medida de los elemento que entran a formar parte de un componente corporal en una proporción fija.....	77
2.2.4.3.- Otros métodos.....	77
III.- <u>OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL</u> .....	79
IV.- <u>MATERIAL Y METODOS</u> .....	82
1.- ANIMALES.....	82
2.- ALIMENTACION.....	83
2.1.- Raciones.....	83
2.2.- Tratamientos.....	84
3.- DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	86
3.1.- Infusión del óxido de deuterio.....	93
3.2.- Pesaje de los animales.....	94
3.3.- Recogida de muestras para la determinación de la concentración de óxido de deuterio.....	94
3.4.- Sacrificio.....	94
3.5.- Preparación de muestras para el análisis químico.....	95
4.- ANALISIS QUIMICO DEL CUERPO DE LAS OVEJAS.....	96
4.1.- Determinación de la Materia seca.....	97
4.2.- Determinación del contenido en cenizas.....	97
4.3.- Determinación del contenido en nitrógeno.....	97
4.4.- Determinación del contenido en lípidos.....	98
4.5.- Determinación del calor de combustión.....	99
5.- Calculo de la composición corporal de las ovejas.....	99

5.1.- Estimación del contenido en lípidos del cuerpo de las ovejas.....	100
6.- DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DEL D <sub>2</sub> O.....	105
6.1.- Extracción del agua de las muestras.....	105
6.2.- Determinación de la concentración del D <sub>2</sub> O.....	105
7.- METODO DE CALCULO DEL ESPACIO DE DIFUSION DEL OXIDO DE DEUTERIO.....	106
8.- ANALISIS ESTADISTICO.....	106
V.- <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	
1.COMPONENTES CORPORALES Y COMPOSICION DE LOS ANIMALES SACRIFICADOS.....	108
1.1.- Resultados.....	108
1.1.1.- Peso de los distintos órganos y fracciones del cuerpo.....	108
1.1.2.- Composición química del cuerpo.....	11
1.1.2.1.- Composición del cuerpo magro.....	121
1.1.3.- Equivalente calórico de la grasa y proteína de las distintas fracciones y del cuerpo vacío.....	125
1.2.- Discusión.....	128
1.2.1.- Peso de los distintos órganos y fracciones del cuerpo.....	128
1.1.2.2.- Composición química del cuerpo.....	133
1.2.2.1.- Composición del cuerpo magro.....	139
1.2.3.- Equivalente calórico de la grasa y proteína de las distintas fracciones y del cuerpo vacío.....	144
2.- RELACION ENTRE LOS DISTINTOS COMPONENTES CORPORALES.....	147
2.1.- Resultados.....	147
2.1.1.- Relación entre el porcentaje de grasa y agua del cuerpo.....	147
2.1.2.- Predicción de la composición corporal y el contenido energético a partir del peso vivo y el contenido en agua del cuerpo.....	152
2.2.- Discusión.....	163
2.2.1.- Relación entre el porcentaje de grasa y agua del cuerpo.....	163
2.2.2.- Predicción de la composición corporal y el contenido energético a partir del peso vivo y el contenido en agua del cuerpo.....	167

2.2.3.- Influencia de la fase fisiológica sobre las relaciones entre los disstintos componentes corporales.....	171
3.- PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN AGUA DEL CUERPO A PARTIR DEL ESPACIO DE DIFUSIÓN DEL ÓXIDO DE DEUTERIO.....	175
3.1.- Resultados.....	175
3.1.1.- Evolución de la concentración del D <sub>2</sub> O en sangre y otros fluidos orgánicos: tiempo de equilibrio y vida media del marcador en el organismo.....	175
3.1.2.- Estimación del agua corporal a partir del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O.....	204
3.2.- Discusión.....	222
3.2.1.- Tiempo de equilibrio y vida media del marcador en el organismo.....	222
3.2.2.- Estimación del agua corporal a partir del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O.....	229
4.- PREDICCIÓN DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS Y CONTENIDO EN ENERGÍA DEL CUERPO A PARTIR DEL ESPACIO DE DIFUSIÓN DEL ÓXIDO DE DEUTERIO.....	236
4.1.- Resultados.....	236
4.2.- Discusión.....	248
5.- APLICACIÓN DEL MÉTODO.....	256
VI.- <u>CONCLUSIONES</u> .....	259
VII.- <u>RESUMEN</u> .....	265
VIII.- <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	272

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1a.	Peso medio (Kg) de los distintos órganos y fracciones del cuerpo de las ovejas sacrificadas.....	109
TABLA 1b.	Peso medio de los distintos órganos de la fracción vísceras (Kg) .....	110
TABLA 1c.	Peso medio de los distintos órganos del aparato digestivo vacío (Kg).....	111
TABLA 2.	Proporción de los distintos órganos y fracciones del cuerpo de las ovejas sacrificadas (p. 100 PVV)....	112
TABLA 3.	Composición química y contenido energético del cuerpo de las ovejas sacrificadas (Kg o Mcal).....	115
TABLA 4.	Proporción de los distintos componentes químicos (p. 100 del PVV) y contenido energético (Mcal/Kg) de las ovejas sacrificadas.....	116
TABLA 5.	Composición química y contenido energético de cada una de las distintas fracciones del cuerpo vacío expresados en valores absolutos (Kg o Mcal).....	117
TABLA 6.	Composición química y contenido energético de cada una de las distintas fracciones del cuerpo vacío expresado en relación al peso de cada una de dichas fracciones (p. 100 o Mcal/Kg).....	119
TABLA 7.	Composición porcentual del cuerpo magro vacío (CMV), (n=60 animales).....	122
TABLA 8.	Composición porcentual del cuerpo magro vacío (CMV), (n=60 animales).....	124
TABLA 9.	Composición porcentual del cuerpo magro vacío y seco (CMVS), (n=60 animales).....	126

TABLA 10.	Valor calórico de la grasa y proteína obtenido de la relación entre la energía determinada en la bomba (Kcal) y el contenido en grasa y proteína del cuerpo (g), (n=64 animales).....	127
TABLA 11.	Comparación de los valores de la sangre obtenidos en el presente trabajo con datos de la bibliografía..	132
TABLA 12.	Coeficientes de alometría del peso de las distintas fracciones a estudio, en relación al PVV de los animales.....	134
TABLA 13.	Relación entre el contenido en grasa de las distintas fracciones (y, Kg) y en contenido total en grasa del cuerpo (x, Kg), aplicando el modelo $\log y = \log a + b \log x$ .....	137
TABLA 14.	Coeficientes de alometría de los componentes químicos del cuerpo en relación al PVV obtenidos por distintos autores y en el presente trabajo.....	140
TABLA 15.	Equivalente calórico de la proteína y la grasa (Kcal/g) del cuerpo vacío de los animales.....	146
TABLA 16.	Relación entre los porcentajes de grasa (y) y de agua del cuerpo (x), (n=60 ovejas F1).....	149
TABLA 17.	Relación entre el porcentaje de grasa (y) y agua (x) del cuerpo teniendo en cuenta el efecto fase (n=60 ovejas).....	150
TABLA 18.	Relaciones entre los porcentajes de grasa y de agua del cuerpo (n=48 ovejas, Experimento 2).....	151
TABLA 19.	Relación entre el contenido en lípidos (Kg) y el peso vivo y el contenido en agua del cuerpo (Kg) (n=60 ovejas F1).....	153
TABLA 20.	Relación entre el contenido en proteína (Kg) y el peso vivo y el contenido en agua del cuerpo (n=60 ovejas F1).....	154

TABLA 21.	Relación entre el contenido en energía (Mcal), y el peso vivo y el contenido en agua (n=60 ovejas F1).....	155
TABLA 22.	Relaciones entre el contenido en lípidos (Kg), proteína (Kg) y energía (Mcal) y el peso vivo y el contenido en agua del cuerpo (Kg) (n=48 ovejas, Experimento 2).....	156
TABLA 23.	Efecto de la fase fisiológica sobre la predicción del contenido en lípidos del cuerpo (n=60 ovejas F1).....	159
TABLA 24.	Efecto de la fase fisiológica sobre la predicción del contenido en proteína del cuerpo (n=60 ovejas F1).....	160
TABLA 25.	Efecto de la fase fisiológica sobre la predicción del contenido en energía del cuerpo (n=60 ovejas F1).....	161
TABLA 26.	Efecto de la fase fisiológica sobre la predicción del contenido en proteína y del contenido en energía del cuerpo (n=48 ovejas, Experimento 2).....	162
TABLA 27.	Comparación de la estimación del contenido en lípidos a partir de las ecuaciones obtenidas por distintos autores y en el presente trabajo.....	168
TABLA 28.	Concentraciones medias (p. 1000) de D <sub>2</sub> O obtenidas en distintos fluidos corporales. Comparación de medias entre fluidos, dentro de cada plano de alimentación (Experimento 1).....	178
TABLA 29.	Concentraciones medias de D <sub>2</sub> O (p. 1000) en distintos fluidos orgánicos corregidas por covarianza para un cociente dosis/agua corporal común a todas las ovejas. Comparación de medias entre planos, dentro de cada fluido. (Experimento 1).....	179



TABLA 30	Ajuste a la función $\log_{10} C = \log_{10} C_0 - bt$ de la evolución de la concentración del marcador en sangre. Valores medios de los $r^2$ y RSD obtenidos para cada animal, dentro de cada plano de alimentación (Experimento 1).....	181
TABLA 31.	Efecto del plano de alimentación sobre el ritmo fraccional de renovación, tasa de renovación del agua y vida media del marcador en el organismo (Experimento 1).....	182
TABLA 32.	Concentraciones medias (p.1000) de D <sub>2</sub> O registradas en distintos fluidos corporales. I. ovejas a los 97 días de gestación (Experimento 2).....	184
TABLA 33.	Concentraciones medias (p.1000) de D <sub>2</sub> O en distintos fluidos corporales. II. ovejas a los 3-5 días post-parto (Experimento 2).....	185
TABLA 34.	Concentraciones medias (p.1000) del D <sub>2</sub> O obtenidas en los distintos fluidos corporales III. ovejas a los 35 días de lactación (Experimento 2).....	186
TABLA 35.	Concentraciones medias (p.1000) del D <sub>2</sub> O registradas en distintos fluidos corporales IV. ovejas vacías y secas (Experimento 2).....	187
TABLA 36.a	Efecto de la fase fisiológica sobre las concentraciones medias y concentraciones medias corregidas por covarianza para un cociente Dosis/agua corporal común, obtenidas en sangre (p.1000).....	193
TABLA 36.b	(Continuación). Efecto de la fase fisiológica sobre las concentraciones medias y concentraciones medias de D <sub>2</sub> O corregidas por covarianza, en leche (p.1000).....	194

TABLA 36.c (Continuación). Efecto de la fase fisiológica sobre las concentraciones medias y concentraciones medias de D20 corregidas por covarianza, en líquido ruminal (p.1000).....	195
TABLA 37. Ajuste a la función $\log_{10} C = \log_{10} C_0 - bt$ de la evolución de la concentración del marcador en sangre. Valores medios de $r^2$ y RSD obtenidos para cada animal, dentro de cada fase (Experimento 2).....	196
TABLA 38. Efecto de la fase fisiológica sobre el ritmo fraccional de renovación y vida media del marcador en el organismo (Experimento 2).....	197
TABLA 39. Concentraciones medias (p.1000) de D20 en distintos fluidos corporales a los 35 días de lactación Experimento 2. Comparación de medias entre fluidos dentro de cada plano de alimentación.....	199
TABLA 40. Concentraciones medias (p.1000) de D20 corregidas por covarianza para un cociente Dosis/agua corporal.Comparación de medias entre planos, dentro de cada fluido (Experimento 2).....	201
TABLA 41. Ajuste a la función $\log_{10} C = \log_{10} C_0 - bt$ de la evolución de la concentración del marcador en sangre. Valores medios de los $r^2$ y RSD obtenidos para cada animal, dentro de cada plano de alimentación (Experimento 2).....	203
TABLA 42. Efecto del plano de alimentación sobre el ritmo fraccional y la vida media del marcador (Experimento 2).....	204

TABLA 43.	Comparación del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O con el agua corporal determinada (n=8 ovejas sacrificadas a las 31 horas).....	205
TABLA 44.	Comparación del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (ED) con el agua corporal determinada al sacrificio (n=8 ovejas sacrificadas a las 7 horas Experimento 1).....	207
TABLA 45.	Precisión de la estimación del contenido en agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (ED). (Experimento 1).....	208
TABLA 46.	Precisión de la estimación del contenido en agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (ED) y de las variaciones de peso entre 4-7 horas después de la infusión y el sacrificio (DP). (n = 8 ovejas sacrificio a las 31 horas Experimento 1).....	210
TABLA 47.	Comparación del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O con el agua corporal determinada. (n=47 ovejas. Experimento 2).....	215
TABLA 48a.	Ecuaciones de predicción del contenido de agua del cuerpo (Kg) a partir del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (ED). (n=47 ovejas Experimento 2).....	218
TABLA 48b.	Ecuaciones de predicción del contenido en agua del cuerpo (Kg) a partir del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (ED) y de la diferencia de pesos entre el peso registrado a las 5-7 h. post-infusión y el peso al sacrificio (DP). (n=47 ovejas).....	219
TABLA 49.	Ecuaciones de predicción del contenido en agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (ED) y de las variaciones de peso (DP). (n=55 ovejas).....	221

TABLA 50	Ecuaciones de predicción del contenido en agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (ED) y de la diferencia de peso (DP) teniendo en cuenta el efecto fase (n = 55 animales).....	223
TABLA 51.	Ecuaciones de predicción del contenido en lípidos del cuerpo (Kg) a partir del peso (PI, PE, PS, Kg) y del espacio de difusión del óxido de deuterio (ED, Kg) (n=53 ovejas F1).....	237
TABLA 52.	Ecuación de predicción del contenido en lípidos del cuerpo (Kg) a partir del peso vivo esquilado menos el contenido del aparato digestivo (PEV) y el ED corregido para el contenido en agua del aparato digestivo (EDc), (n=53 ovejas F1).....	239
TABLA 53a	Ecuaciones de predicción del contenido en lípidos del cuerpo (Kg) a partir del peso vivo y del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (ED) teniendo en cuenta el efecto fase (n=53 ovejas F1).....	240
TABLA 53b	Ecuación de predicción del contenido en lípidos del cuerpo a partir del peso vivo vacío (PEV) y el ED corregido para el contenido en agua del aparato digestivo (EDc), teniendo en cuenta el efecto fase fisiológica (n=53 ovejas F1).....	240
TABLA 54.	Ecuaciones de predicción del contenido en energía del cuerpo (Mcal) a partir del peso de las ovejas (PI, PE, PS, Kg) y del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (ED, Kg) (n=53 ovejas F1).....	242

TABLA 55.	Ecuación de predicción del contenido en energía del cuerpo (Mcal) a partir del peso vivo vacío (PEV) y el ED corregido para el contenido en agua del aparato digestivo (EDc), (n=53 ovejas F1).....	243
TABLA 56.	Predicción del contenido en energía del cuerpo (Mcal) a partir del peso vivo vacío (PEV) y el ED corregido para el agua del contenido digestivo (EDc), teniendo en cuenta el efecto fase fisiológica. (n=53 ovejas F1).....	244
TABLA 57.	Ecuaciones de predicción del contenido en proteína (Kg) a partir del peso vacío (PEV) y el espacio de difusión corregido para el agua del contenido del aparato digestivo (EDc) (n=53 ovejas F1).....	246
TABLA 58	Ecuaciones de predicción del contenido en proteína (Kg) a partir del peso vacío esquilado (PEV) y el espacio de difusión del óxido de deuterio corregido para el agua del contenido digestivo (EDc), teniendo en cuenta el efecto fase (n=53 ovejas F1).....	247
TABLA 59	Predicción del contenido en lípidos (Kg) y del contenido en energía contenido (Mcal) a partir del peso al sacrificio (PS, PSe), del espacio de difusión del D2O (ED) y de la diferencia de pesos entre 4-7 horas post-infusión y el peso al sacrificio (DP) (n=53 ovejas F1).....	250

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. - Transformaciones metabólicas que ocurren el el último tercio de la gestación.....	9
CUADRO 2. - Principales transformaciones metabólicas que ocurren durante la lactación.....	18
CUADRO 3. - Equivalente energético (Mcal/Kg) de los cambios de peso materno durante la gestación.....	31
CUADRO 4. - Relación entre el contenido en lípidos y el peso vivo (PV) o el peso vivo vacío (PVV), en ganado ovino adulto.....	43
CUADRO 5 .- Relación entre el porcentaje de grasa y agua del cuerpo.....	48
CUADRO 6 .- Predicción del contenido en grasa del cuerpo vacío (KG) a partir del peso vivo vacío (PVV, KG) y el agua del cuerpo vacío (ACV, KG), en ganado ovino.....	51
CUADRO 7.- Predicción del contenido en lípidos (Kg) a partir del peso vivo (PV Kg) y el agua del cuerpo (ACT, KG).....	52
CUADRO 8.- Ecuaciones de predicción del contenido en energía del cuerpo (Mcal), en ganado ovino.....	53
CUADRO 9.- Relación entre el contenido en proteína y el peso de los animales, en ganado ovino.....	55
CUADRO 10.- Tiempo que tarda el agua marcada (deuterio D2O o tritio TOH) en alcanzar el equilibrio con el agua corporal.....	64
CUADRO 11.- Relación entre el agua corporal determinada al sacrificio y el espacio de difusión del agua marcada.....	66

CUADRO 12.- Ecuaciones de predicción del contenido en lípidos del cuerpo a partir del peso vivo (PV) y el espacio de difusión del agua marcada (ED) en ganado ovino.....	73
CUADRO 13.- Ecuaciones de predicción del contenido en energía del cuerpo (Mcal) a partir del peso vivo (PV) y el espacio de difusión del agua marcada, en ganado ovino.....	74
CUADRO 14.- Ecuaciones de predicción del contenido en proteína del cuerpo (Kg) a partir del peso vivo (PV) y el espacio de difusión del agua marcada, en ganado ovino.....	75
CUADRO 15. - Composición del heno de alfalfa y del alimento concentrado (p. 100 MS).....	85
CUADRO 16. - Composición de las dietas (p. 100 MS).....	85
CUADRO 17. - Pauta seguida en la distribución de alimento (C), control de peso (P), infusión del óxido de deuterio (I), toma de muestras (T.M.) y momento del sacrificio (S) (Experimento 1).....	88
CUADRO 18a. - Pauta seguida en la distribución de alimento (c), control de peso (P), infusión del óxido de deuterio (I), toma de muestras (T.M.) y momento del sacrificio (S) (Experimento 2).....	90
CUADRO 18b. - Pauta seguida en la distribución de alimento (c), control de peso (P), infusión del óxido de deuterio (I), toma de muestras de distintos fluidos (T.M.). Estudio del tiempo de equilibrio del marcador.....	91
CUADRO 18c. - Pauta seguida en la distribución de alimento (c), control de peso (P), infusión del óxido de deuterio (I), toma de muestras de distintos fluidos (T.M.) Estudio de tiempo de equilibrio del marcador.....	92

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- Efecto del contenido en grasa corporal e ingestión de energía metabolizable (EM) sobre la pérdida de grasa en ovejas al principio de lactación (Cowan y col., 1982).....	28
FIGURA 2.- Relación entre el porcentaje de agua en el cuerpo magro y el porcentaje en grasa del cuerpo (Foot y col., 1979).....	48
FIGURA 3.- Curva de eliminación del óxido de deuterio (Robelin, 1977).....	56
FIGURA 4.- Relación entre el contenido en agua del cuerpo magro vacío y el porcentaje de lípidos en el cuerpo vacío materno.....	143
FIGURA 5.- Relación entre el porcentaje de grasa y agua del cuerpo <del>vacío</del> .....	165
FIGURA 6.- Relación entre el porcentaje de grasa y agua del cuerpo <del>vacío materno</del> .....	166
FIGURA 7.- Concentraciones medias de D <sub>2</sub> O obtenidas en distintos fluidos orgánicos (Exp. 1).....	180
FIGURA 8.- Evolución de la concentración del D <sub>2</sub> O con el tiempo. I. ovejas 97 días gestación.....	188
FIGURA 9.- Evolución de la concentración del D <sub>2</sub> O con el tiempo. II. ovejas 3-5 días post-parto.....	189
FIGURA 10.- Evolución de la concentración del D <sub>2</sub> O con el tiempo. III. ovejas 35 días lactación.....	190
FIGURA 11.- Evolución de la concentración del D <sub>2</sub> O con el tiempo. VI. ovejas vacías y secas.....	191



FIGURA 12.- Concentraciones medias de D<sub>2</sub>O obtenidas en  
distintos fluidos orgánicos. (LF, Exp. 2).....200

FIGURA 13.- Corrección del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O para  
la diferencia entre el peso medio registrado a las  
5 y 7 h. post-infusión y el peso al sacrificio.....211

## I.- INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las necesidades nutritivas de las ovejas, varían a lo largo de su ciclo productivo, siendo elevadas al final de la gestación y primera fase de la lactación y próximas a las de mantenimiento en el resto de los períodos. El aporte de nutrientes no se ajusta siempre a esta evolución de las necesidades, bien por razones fisiológicas, debido a la limitada capacidad de ingestión al final de la gestación e inicio de la lactación, o bien por razones de disponibilidad de alimentos como consecuencia de la variación estacional en la producción de pastos y de la carga ganadera utilizada.

Para amortiguar el desfase entre necesidades y aporte de nutrientes, las ovejas movilizan y utilizan sus propias reservas corporales, habiéndose comprobado que pueden perder hasta el 50 p. 100 de sus reservas lipídicas durante la gestación (Russel y col, 1968) y llegar prácticamente a la deplección de su grasa a mitad de la lactación (Sykes, 1974), cuando se mantienen en condiciones de explotación extensiva.

Todo ello, unido al efecto negativo que el déficit de nutrientes puede tener sobre el peso de los corderos al nacimiento (McClelland y Forbes, 1968; Louca y col, 1974) y sobre la producción de leche de la oveja (Robinson y Forbes, 1968; Treacher, 1971) hace imprescindible el conocimiento de las interrelaciones existentes entre el plano de alimentación, la movilización de las reservas corporales y la producción de las ovejas durante las fases más críticas de su ciclo reproductivo.

La mayor parte de los experimentos realizados con el fin de estudiar el efecto de la alimentación sobre los rendimientos de las ovejas en gestación y lactación, se han basado en la cuantificación ponderal de las producciones y en la determinación de las variaciones del peso vivo de los animales, con el objeto de estimar en qué medida el aporte de nutrientes cubre las necesidades durante las diferentes fases del ciclo productivo. En la mayoría de estos experimentos se asume que el cambio neto de peso de la madre es un índice aceptable de su balance energético. Sin embargo, es sabido que los cambios en el peso vivo, no son un fiel

reflejo de las variaciones de la composición y contenido energético del cuerpo, debido tanto a los cambios que experimenta el contenido del aparato digestivo en función del plano de alimentación y del tipo de dieta (Forbes, 1969; Cowan y col, 1979), como a las variaciones de la composición del cuerpo vacío (Fell y col, 1972; Robinson y col, 1978; Tissier y col, 1983).

Por estas razones es difícil conocer en qué medida la movilización de las reservas corporales contribuyen al desarrollo del feto y anexos o a la producción de leche, sino se dispone de un medio efectivo para determinar las variaciones en la composición corporal de los animales a lo largo de su ciclo productivo.

Entre los diferentes métodos propuestos con este fin, la determinación del agua corporal a partir del espacio de difusión de un marcador, se ha mostrado como el más prometedor (Robelín, 1973), dada la relativa constancia de la composición de la fracción magra del cuerpo vacío (Sheng y Huggins, 1979) y la estrecha relación entre el contenido en agua y grasa del cuerpo (Panaretto, 1963). Se han utilizado tanto el agua tritiada (Searle, 1970; Farrell y Reardon, 1972; Doize y col., 1979; Foot y col, 1979) como el óxido de deuterio (Foot y Greenhaghl, 1970; Robelin, 1977; Cowan y col, 1979 y 1980b; Tissier y col., 1983; Castrillo y col., 1984), con resultados satisfactorios, presentando este último la ventaja de no ser un isótopo radiactivo, lo que simplifica su manejo.

No obstante, la utilización del método del espacio de difusión del agua marcada, como predictor del contenido en agua del cuerpo y de la composición de éste, ha incitado a controversia, particularmente en el Reino Unido desde la publicación de los trabajos de Cowan y col (1979, 1980b), ya que estos autores concluyen en el último de ellos que "debido a los cambios fisiológicos que ocurren en las ovejas al principio de la lactación, el uso de la técnica de dilución del óxido de deuterio para estimar el agua corporal, es improbable que permita una estimación precisa de la grasa corporal". En efecto, cualquier factor que modifique la velocidad de renovación del marcador en el organismo, afectará directamente a la relación entre el contenido en agua real del cuerpo y el estimado a partir de la concentración del marcador en un determinado momento después de haber alcanzado el equilibrio. En el caso del gando ovino, se ha observado que la

fase fisiológica puede afectar al ritmo de renovación del marcador (Foot y col., 1979) por lo que los resultados obtenidos por Cowan y col., (1980b) son lógicos, teniendo en cuenta que a pesar de que encuentran diferencias en la velocidad de renovación del marcador entre lactación inicial y final, calculan el volumen de agua a partir de la concentración media del marcador en sangre a las 4-6 h. después de su administración, sin considerar el efecto fase.

Menos lógica es la conclusión inferida de éstos trabajos, ya que el problema puede ser obviado en buena parte si el espacio de difusión se calcula a partir de la curva de eliminación con el tiempo, método que ha sido empleado con buenos resultados por Purroy, 1978; Tissier y col., 1983; Bocquier y Theriez, 1984.

Este método de estimación de la concentración del marcador en el agua de la sangre tiene en cuenta implícitamente las variaciones en la velocidad de renovación del marcador, aunque se asume que la pérdida de marcador por unidad de tiempo es similar antes y después de alcanzar el equilibrio con el agua del cuerpo, lo cual no ha sido comprobado que sea cierto. Por otra parte, los resultados pueden verse afectados por las variaciones en el contenido en agua que pueden experimentar los animales durante las 24-48 h. después de la infusión, tiempo mínimo requerido para tomar el suficiente número de muestras de sangre para ajustar la función que define la curva de eliminación del marcador.

También ha sido cuestionada la constancia de la composición del cuerpo magro de los animales una vez que han alcanzado su "madurez química", principio establecido por Moulton (1923). Así, Reid y col., (1968), en una publicación en la que reúnen datos de 221 corderos castrados de pesos comprendidos entre 12 y 67 Kg, señalan que la composición del cuerpo magro, puede variar con la edad, el peso vivo y el estado de engrasamiento. También en ovejas adultas, se ha puesto de manifiesto que la composición de su cuerpo magro, puede variar con el grado de engrasamiento de los animales (Foot y col., 1969), y con el estado fisiológico en que se encuentran (Sykes, 1974; Robinson y col., 1978).

La repercusión de éstas variaciones, en la precisión de la estimación del contenido en lípidos y energía del cuerpo de las ovejas a partir de su peso vivo y el contenido en agua del cuerpo o

el espacio de difusión del agua marcada, únicamente ha sido estudiado por Tissier y col., (1983) y Bocquier y Theriez (1984), y los resultados no son todavía concluyentes.

Parece por lo tanto de interés el cuantificar en qué medida las posibles variaciones de la composición del cuerpo magro de las ovejas a lo largo del ciclo reproductivo pueden afectar a la precisión de la estimación del contenido en lípidos, proteína y energía del cuerpo, a partir del peso vivo y de su contenido en agua.

Por otra parte, la posibilidad de aplicación del método del espacio de difusión del óxido de deuterio en un futuro, exige también profundizar en el conocimiento de aquellos factores que puedan hacer variar la velocidad de renovación del marcador fundamentalmente la fase fisiológica (Cowan y col., 1980b) y el plano de alimentación (Foot y col., 1979), y su repercusión sobre la precisión de la estimación del contenido en agua del cuerpo de las ovejas a partir del espacio de difusión del agua marcada y, por consiguiente, sobre la precisión de la predicción del contenido en lípidos, proteína y energía del cuerpo a partir del peso vivo y de dicho espacio de difusión.

## II.- REVISION BIBLIOGRAFICA

### 1.- VARIACIONES DE LA COMPOSICION DEL CUERPO MATERNO A LO LARGO DEL CICLO REPRODUCTIVO.

#### 1.1.- Introducción.

En todas las especies la reproducción viene acompañada de cambios en el cuerpo materno como respuesta al gran incremento de la demanda de nutrientes para atender al crecimiento del feto y anexos, y a la producción de leche.

La madre experimenta transformaciones neuroendocrinas y metabólicas que modifican las prioridades por los nutrientes disponibles y permiten tamponar, hasta ciertos límites, el desequilibrio que puede existir entre las necesidades y el aporte de nutrientes con los alimentos, mediante la movilización de las propias reservas corporales. El ganado ovino no es una excepción, pudiendo perder un 50 p. 100 de sus reservas lipídicas durante la gestación (Russel y col., 1968) y llegar prácticamente a la deplección de su grasa a mitad de la lactación (Sykes, 1974), cuando se mantiene en condiciones de explotación extensiva, en terrenos pobres. Los cambios metabólicos y de adaptación a las funciones de gestación y lactación se acompañan también de variaciones en la actividad y tamaño de aquellos órganos que en mayor medida están implicados en tales transformaciones.

En la presente revisión bibliográfica nos ocuparemos del estudio de los cambios que experimenta el cuerpo materno durante la gestación y la lactación, inherentes a la propia función o inducidos por factores extrínsecos, fundamentalmente la alimentación, prestando especial atención a los cambios en la composición química y contenido energético del cuerpo de las ovejas.

En una segunda parte se abordará el estudio de los métodos disponibles para la cuantificación de los cambios en la composición corporal de la madre, centrando la atención en los métodos basados

en la estimación del espacio de difusión de marcadores externos que se vehiculan íntimamente asociados al agua corporal, metodología empleada en el trabajo experimental objeto de la presente memoria.

## 1.2.- Gestación.

La gestación de los animales mamíferos se caracteriza por un incremento de todos los componentes de lo que se denomina "útero grávido", constituido por el feto, el útero y sus membranas y los fluidos intrauterinos. El modelo de desarrollo de estos componentes es diferente ya que mientras el útero y sus membranas experimentan el máximo crecimiento en los dos primeros tercios de la gestación, el incremento de peso de los fetos tiene lugar fundamentalmente en la última fase, en la cual representan la fracción cuantitativamente más importante del útero grávido. Estudios realizados en ganado ovino por distintos autores (Landglands y Sutherland, 1968; Rattray y col., 1974b; McDonald y col., 1979) coinciden en señalar que más del 70 p. 100 del crecimiento fetal tiene lugar durante los últimos 60 días de gestación, pasando de representar tan sólo un 14 p. 100 del contenido uterino a los 70 días, a un 70 p. 100 a los 140 días de gestación (Robinson y McDonald, 1979). Además, el principal crecimiento del tejido epitelial mamario ocurre durante el final de la gestación (Rattray y col., 1974b). Todo ello da lugar a un aumento de los requerimientos totales de nutrientes al final de la gestación que en términos de energía se puede cifrar entre un 40 y un 70 p. 100 de las necesidades de mantenimiento, en el caso de ovejas gestando uno o dos corderos, respectivamente (Guada y Ovejero, 1977; Tissier y Theriez, 1978; McDonald y col., 1979).

El útero grávido y la glándula mamaria compiten por los mismos nutrientes con el resto de los tejidos y órganos maternos, pero muestran una elevada prioridad en la utilización de aquellos, de forma que su desarrollo sólo se ve afectado cuando el grado de subnutrición de la madre es elevado (McClelland y Forbes, 1968; Guada y Ovejero, 1977; Robinson, 1977). La prioridad por los nutrientes viene determinada por las modificaciones del metabolismo de diferentes tejidos, mediante las cuales el organismo animal trata de adaptarse a una función específica, fenómeno que Bauman y

Currie (1980) denominan con el término de "homeorhesis". Tales modificaciones metabólicas a veces actúan en sentido contrario a las regulaciones "homeostáticas", que tratan de mantener las condiciones del medio materno en un estado fisiológico equilibrado, reflejándose en cambios en el cuerpo que pueden ser aceptados como específicos de la propia función, pero cuya intensidad y grado de expresión vienen modulados por la alimentación.

En los siguientes puntos de este apartado se hará una breve revisión de los principales cambios metabólicos que ocurren en el animal gestante y de las variaciones que experimentan los órganos y la composición química del cuerpo, centrándonos en el ganado ovino y en el último tercio de la gestación.

#### 1.2.1.- Transformaciones metabólicas.

El útero grávido utiliza en la última fase de la gestación aproximadamente el 70 p. 100 de la glucosa disponible por el animal gestante (Setchell y col., 1972) siendo esta la principal fuente de energía del feto, aunque no exclusiva (Morris y col., 1974). A ello hay que añadir la elevada demanda de aminoácidos y minerales, fundamentalmente calcio y fósforo (Field y col., 1968).

En razón a esta demanda de nutrientes y a la limitación en la capacidad de ingestión de la hembra gestante (Forbes, 1968, 1970), se producen modificaciones en el metabolismo de los diferentes tejidos y en el flujo de nutrientes maternos. Estas modificaciones vienen favorecidas por la disminución de la tasa de insulina circulante en el último tercio de la gestación y el aumento de la concentración de una serie de hormonas, que Bauman (1984) denomina con el término de "homeoréticas" (estrógenos, hormona del crecimiento, progesterona, prolactina y lactógeno placentario). La hormona del crecimiento se ha comprobado que juega un importante papel, por su efecto antagónico al de la insulina, favoreciendo y asegurando, junto con el incremento concomitante en la tasa de lactógeno placentario y estrógenos, la suplementación de nutrientes hacia el útero grávido y el tejido epitelial mamario, a expensas de la madre (Kaplan y Grumnach, 1974; Chilliard y col., 1978; Bauman y col., 1982; Brockman y Laaveld, 1986).



Los principales cambios metabólicos que tienen lugar en el último tercio de la gestación se resumen en el cuadro 1.

#### 1.2.2.- Transformaciones orgánicas.

Es evidente que durante el último tercio de la gestación se producen cambios en el peso y composición de los órganos reproductivos, entendiendo por tales el útero y la ubre. El incremento en peso de la pared uterina es insignificante comparado con los cambios que experimentan los demás componentes del útero grávido (fetos, membranas y fuidos), representando, aproximadamente, un 5 p. 100 del cambio de peso total durante los últimos 60 días de la gestación (Landglands y Sutherland, 1968; Rattray y col., 1974b; Robinson y col., 1977).

En cuanto a su composición, el útero de las gestantes contiene más grasa, proteína y cenizas, y menos agua que el útero de los animales no gestantes (Lodge y Heaney, 1973b). Las variaciones parecen más influenciadas por la nutrición que por el número de fetos (McDonadl y col., 1979).

En cuanto al desarrollo de la ubre, en ovino el 98 p.100 del crecimiento del tejido mamario ocurre en gestación (Anderson, 1975). Para Heaney y Lodge (1975) y Robinson y col. (1978), el 70 p. 100 de este crecimiento tiene lugar durante las cuatro últimas semanas, momento en el que se producen cambios histológicos importantes y una gran proliferación de células secretoras (McDonald y col., 1979).

El peso final de la ubre depende de numerosos factores como son el genotipo, la edad, el peso, y el número de fetos (Robinson y Ørskov, 1975). Rattray y col., (1974b) encuentran que el peso medio de la ubre en ovejas con gestación gemela es 1,45 veces superior al de ovejas con gestación simple y Robinson y col., (1978) observan que la cantidad de tejido mamario al parto es directamente proporcional al tamaño de la camada. También el plano de alimentación afecta al peso de la ubre (Galvez y Romera, 1973; Rattray y col., 1974b; Mellor y Murray, 1985a).

CUADRO 1. TRANSFORMACIONES METABOLICAS QUE OCURREN EN EL ULTIMO TERCIO DE LA GESTACION

FUNCIONES FISIOLÓGICAS	CAMBIOS METABOLICOS	TEJIDOS IMPLICADOS
-DESARROLLO UTERO GRAVIDO Y UBRE	↑ -USO DE NUTRIENTES ↑ -LIPOGENESIS ↑ -SINTESIS PROTEICA	MAMARIO Y UTERINO
-METABOLISMO LIPIDICO	↑ -LIPOLISIS ↓ LIPOGENESIS ↑ -CETOGENESIS, ESTEATOSIS	ADIPOSO HEPATICO
-METABOLISMO GLUCIDICO	↑ -GLUCONEOGENESIS Y GLUCOGENOLISIS	HEPATICO
	↑ -UTILIZACION DE LIPIDOS Y AMINOACIDOS COMO FUENTE DE ENERGIA	DIFERENTES TEJIDOS
-METABOLISMO PROTEICO	↑ -MOVILIZACION Y REDISTRIBUCION DE LA PROTEINA CORPORAL	MUSCULOS Y DIFERENTES TEJIDOS
-METABOLISMO MINERAL	↑ -MOVILIZACION ↑ -ABSORCION	HEPATICO, RENAL DIGESTIVO Y OSEO
-INGESTION Y DIGESTION	↓ -CONSUMO VOLUNTARIO DE ALIMENTOS ↓ -CAPACIDAD DEL RUMEN ↑ -RITMO DE PASO DEL ALIMENTO	TRACTODIGESTIVO

Simultáneamente a los cambios en útero y ubre, distintos órganos se ven implicados directa o indirectamente, por su actividad metabólica, en los cambios específicos que se producen en el último tercio de la gestación.

El flujo de sangre al útero grávido aumenta en más de 30 veces conforme avanza la gestación, manifestándose en un aumento general del volumen sanguíneo. Este aumento se ha observado en distintas especies aunque el patrón del incremento es diferente de unas a otras (Robinson, 1986). En la revisión efectuada por este autor sobre los cambios en la composición corporal durante gestación y lactación, se señala que en el ganado ovino parece existir un rápido incremento al principio y final de la gestación con un "plateau" intermedio. Sin embargo Lodge y Heaney (1973a) comparando animales gestantes y no gestantes con el mismo régimen alimenticio, no encontraron diferencias considerables en el volumen sanguíneo, aunque los mismos autores señalan que ello pudo ser debido a la dificultad de realizar una colección completa mediante la sangría del animal. La restricción de alimento reduce la magnitud del incremento del volumen sanguíneo (Robinson y col., 1978).

En cuanto al tamaño del corazón, que lógicamente se podría ver afectado, los resultados son contradictorios y mientras Smith y Baldwin (1974) encuentran diferencias entre vacas gestantes y vacías, Robinson y col. (1978) no las han encontrado en ganado ovino.

Un órgano de gran actividad metabólica, y por consiguiente implicado en los cambios en el estado fisiológico, es el hígado. Campbell y col. (1974) observan, en ratas, un aumento en el peso del hígado conforme avanza la gestación, hecho corroborado por numerosos autores en ganado ovino (Lodge y Heaney, 1973a,b; Heaney y Lodge, 1975; Geenty y Sykes, 1986). El significativo aumento en el peso del hígado sería un reflejo del incremento en su actividad, ya sea como resultado directo de la gestación o por la mayor movilización de los tejidos maternos.

El hígado no sólo experimentó un incremento de peso sino también en su contenido en lípidos, hecho observado por Lodge y Heaney (1973b) y por Heaney y Lodge (1975), quienes indican, en la

última publicación citada, que un tercio del aumento del peso de este órgano durante la gestación estuvo constituido por grasa. Chilliard y col. (1983) señalan que desde el inicio de la gestación hasta el final de la lactación, el volumen de las vacuolas lipídicas del hígado pueden pasar del 1 al 30 p. 100 de las células hepáticas, incrementándose la cantidad de lípidos desde menos del 4 p. 100 a un 10-15 p. 100 en los rumiantes. La gestación afecta también a la funcionalidad del aparato digestivo del rumiante, habiéndose observado un incremento en la velocidad de paso de la digesta a través del rumen (Weston, 1979; González y col., 1985). Estos cambios funcionales se reflejan en un incremento de peso del abomaso y del intestino delgado (Fell y col., 1972; Robinson y col., 1978) sin que se hayan observado cambios notables en el peso del rumen. Los primeros autores observan que ovejas sacrificadas al final de la gestación presentan un abomaso y un intestino delgado más pesados (24 y 45 p. 100, respectivamente) que ovejas, vacías y secas, sacrificadas como grupo control

Tanto el peso del tracto digestivo como el del hígado se ven afectados por la restricción energética (Fell y col., 1972; Reid y col., 1980; Geenty y Sykes, 1986).

### 1.2.3.- Cambios en la composición química del cuerpo.

#### 1.2.3.1.- Variación del contenido en agua, proteína y cenizas.

Como indica y documenta Robinson (1986) en una revisión sobre el tema, es un hecho constatado en numerosas especies, que durante la gestación la masa corporal de la madre experimenta una hidratación, entendiéndose como tal no sólo un aumento de la proporción de agua, lo cual podría ser un simple reflejo de la movilización de lípidos, sino un aumento en términos absolutos.

Esto se refleja claramente en los trabajos realizados en ganado ovino por Robinson y col. (1978); Rattray y col. (1980) y Geenty y Sykes (1986). Los primeros, trabajando con animales sometidos a distintos planos de alimentación, encontraron un incremento medio de la cantidad de agua del cuerpo vacío entre el

segundo y cuarto mes de gestación de 5,8 y 2,5 kg en ovejas con 2 y 4 fetos, respectivamente, que experimentaron unas ganancias de peso vivo vacío de 5,7 y 2,5 kg. Entre el cuarto mes y el parto todavía se reflejó un incremento medio del contenido en agua de 0,5 y 1,6 kg a pesar de que el peso vacío materno experimentó un descenso de 4 y 4,8 kg en los grupos referidos. Rattray y col. (1980), en animales que recibieron desde los 95 días de gestación hasta el parto planos de alimentación que variaron entre 1,0 y 1,7 veces mantenimiento, lo cual supuso unos cambios netos de peso del cuerpo materno que oscilaron entre -3,9 y +2,0 kg observaron un incremento en el contenido en agua de +0,2 a +3,0 kg. En cuanto a Geenty y Sykes (1986), realizaron dos experimentos con un diseño similar, en los cuales sometieron a ovejas en pastoreo a dos planos de alimentación o disponibilidad de hierba extremos. Los animales del plano alto experimentaron a lo largo de la gestación una ganancia neta de 1,95 y 2,87 kg de agua, en tanto que el incremento en peso vivo vacío fue de 0,3 y 1,9 kg, respectivamente. Con el plano bajo observaron un descenso en el contenido en agua de 2,1 kg en ambas experiencias, cuando el peso del cuerpo materno descendió entre 12,6 y 13,1 kg.

Estos resultados muestran que la hidratación no sería sólo el reflejo de un estado de subnutrición, como se ha observado en animales vacíos y secos (Farrell y Reardon, 1972) e hipótesis que han apuntado algunos autores que han trabajado con animales gestantes sometidos a diferentes grados de subnutrición (Russel y col., 1968; Sykes y Field, 1972a; Degen, 1977), sino un hecho relacionado con el estado fisiológico.

Algunos autores apuntan que las variaciones vendrían explicadas, fundamentalmente, por el incremento que experimenta el útero y la glándula mamaria (Heaney y Lodge, 1975; en ovino; Shields y Mahan, 1983, en porcino), pero ese no es el caso en los trabajos de Robinson y col. (1978) y Rattray y col. (1980). Los primeros indican que el aumento del contenido en agua tampoco vendría explicado en su totalidad cuando se tiene en cuenta el incremento del volumen sanguíneo, y hacen referencia a que la hipertrofia de los músculos de la pared abdominal podría contribuir también a las variaciones observadas

En cuanto a las variaciones en el contenido en proteína a lo largo de la gestación, hay constancia en varias especies de que

los animales al inicio de la gestación retienen una mayor cantidad de nitrógeno que los animales vacíos y secos aún recibiendo la misma ración, y esta mayor retención supera a las ganancias netas que experimentan los productos de la concepción. Este proceso, viene favorecido al inicio de la gestación por un estado endocrino en que la tasa de insulina es elevada, y se conoce como anabolismo de la gestación (Robinson, 1986). En el ganado porcino, en el que se han realizado un gran número de trabajos para estudiar el "anabolismo de la gestación", se ha puesto de manifiesto que la ganancia neta en nitrógeno que se pueda experimentar durante la gestación, vendría explicada prácticamente en su totalidad por el incremento del útero y glándula mamaria y por la distensión de los músculos de la pared abdominal (Howell y col., 1977; Close y col., 1985).

El cambio en el ambiente hormonal a que se asiste al final de la gestación favorece los procesos catabólicos de los tejidos maternos, como se vió en el apartado 1.2.1., pero éstos se verían en gran parte compensados por el incremento en el contenido en nitrógeno del útero y glándula mamaria (Heaney y Lodge, 1975). En este sentido Seitchik y col. (1963), estudiando la existencia de posibles cambios en la densidad corporal en mujeres gestantes, concluyen que éstas no almacenan componentes de alta densidad por encima de los que corresponden al incremento del tamaño del útero, glándula mamaria y sangre.

Robinson y col. (1978), en el trabajo ya comentado, encuentran variaciones medias en el contenido en proteína del cuerpo materno inferiores al 4 p. 100 entre los dos y cuatro meses de gestación; en sentido positivo en los animales que recibieron un plano de alimentación alto y negativo en los del bajo, siendo prácticamente nulas las variaciones entre el cuarto y quinto mes de gestación. Estos autores, no obstante, pusieron en evidencia una redistribución de la proteína corporal, en el sentido de un catabolismo de la proteína muscular en favor de una mayor retención en glándula mamaria, fundamentalmente Lodge y Heaney (1973b) encuentran una diferencia de peso vivo al parto de 4,3 kg, entre ovejas gestantes mantenidas en ligera subalimentación durante la gestación (90 p. 100 de las necesidades teóricas) y ovejas vacías que actuaban como grupo control, y únicamente una diferencia de 0,66 kg en el contenido en proteína entre ambos grupos, lo que no representa más de un 15 p. 100 de la diferencia de peso observada.

Es posible que las pérdidas de proteína puedan ser superiores a las aquí expuestas si a los animales se les somete a un déficit energético más severo. De hecho Russel y col. (1968) y Field y col. (1968) con ovejas mantenidas en pastos de alta montaña de escasa calidad y disponibilidad de hierba, encuentran pérdidas de hasta un 30-50 p. 100 de la proteína corporal durante la gestación, comparables a las obtenidas por Sykes y Field (1972a) en ovejas estabuladas, sometidas a unos niveles de restricción energética y proteica similares a los anteriores.

No parece tampoco que existan cambios significativos en el tercer componente del cuerpo magro, las cenizas, durante la gestación (Russel y col., 1968; Robinson y col., 1978). A pesar del incremento en la retención de minerales en los fetos al final de la gestación, no se asiste necesariamente a una desmineralización del esqueleto materno ya que aumenta la absorción en tracto digestivo y el metabolismo mineral se adapta a las nuevas condiciones (Bauman y Elliot, 1983).

En definitiva, durante la gestación la oveja experimenta una hidratación de su cuerpo, debido fundamentalmente al incremento de peso del útero, ubre y del volumen sanguíneo, y dado que el contenido en proteína y cenizas es menos variable, puede verse modificada la composición del cuerpo magro de la madre, como se verá con mayor profundidad en el apartado 2.2.3.1.1., de la presente Revisión.

#### 1.2.3.2.- Variación del contenido en lípidos.

La grasa es el componente químico más variable durante la gestación, representando la mayor proporción de la diferencia de peso entre las ovejas gestantes y no gestantes cuando ambas se mantienen a un mismo plano de alimentación (Lodge y Heaney, 1973b).

Resultados obtenidos por distintos autores (Kirton y Barton, 1958a y b; Russel y col., 1968; Robinson y col., 1978), sugieren que la movilización de grasa se incrementa conforme avanza la gestación, hecho que viene favorecido, como ya se ha comentado,

por el cambio en el ambiente hormonal de la hembra. Así, Russel y col. (1968) observan, en ovejas sometidas a subalimentación energética, que las pérdidas de tejidos maternos contienen aproximadamente un 30 p. 100 de grasa al inicio de la gestación, mientras que en el último tercio, el contenido en lípidos de las pérdidas de peso supera el 70 p. 100.

Existen referencias en la bibliografía sobre determinadas especies que depositan grasa durante la gestación cuando son sometidas a ingestiones altas de alimentos (ver revisión de Robinsón, 1986). También en el caso de los rumiantes, y en particular en el ganado ovino, algunos autores han observado un incremento en la retención de lípidos en el cuerpo materno con dietas de elevada concentración energética (Foot, 1969; Rattray y col., 1974b)...No obstante, son mayoría los autores que han observado un catabolismo del tejido graso al final de la gestación incluso en animales sometidos a planos altos de alimentación y que experimentaron ganancias netas de peso. Rattray y col. (1980), observan un descenso en el contenido en grasa desde el inicio al final de la gestación en ovejas alimentadas a planos que variaron desde 1,0 a 1,7 veces mantenimiento, a pesar de que en los planos altos, los animales experimentaron una ganancia neta de peso. Del mismo modo, Robinson y col. (1978) observaron una pérdida de aproximadamente 2 kg de grasa corporal en ovejas gestando dos corderos y alimentadas a un nivel que permitió una ganancia neta en peso del cuerpo vacío materno de 3,9 kg en los dos últimos meses de gestación y Geenty y Sykes (1986) también observaron pérdidas de grasa entre el inicio y el final de la gestación en ovejas que experimentaron un incremento de peso vivo vacío.

Heaney y Lodge (1975) observaron un incremento de la tasa de ácidos grasos libres (AGL) en plasma durante el último tercio de gestación (105-140 días de gestación), en ovejas alimentadas a dos veces sus necesidades de mantenimiento, y por lo tanto cubriendo sus necesidades teóricas de gestación, y Sykes y Field (1972c) fracasaron al intentar mantener el nivel de AGL del plasma por debajo de 650-700  $\mu\text{eq/l}$  en cualquier momento durante las últimas diez semanas de gestación, en ovejas alimentadas "ad libitum".

La movilización del tejido graso se acentúa cuando el aporte de energía no cubre las necesidades de la hembra gestante (Robinson y col., 1978; Khalaf y col., 1979; Rattray y col., 1980),



cualquiera que sea el momento en que se produzca la restricción (Clark y Speedy, 1980), habiéndose observado al final de la gestación una deplección de más del 50 p. 100 de la grasa inicial, en animales alimentados a un plano ligeramente inferior a las necesidades de mantenimiento (Lodge y Heaney, 1973a).

Aunque parece evidente a partir de los resultados de numerosos autores (Forbes y Robinson, 1967; Christenson y Prior, 1976; González y col., 1979) que un déficit proteico hace aumentar las pérdidas de peso neto de las ovejas en gestación, del trabajo de Sykes y Field (1972a) se desprende que el contenido en grasa de las pérdidas de peso es mayor en animales que reciben dietas con mayor contenido en proteína. Sin embargo es difícil concluir que un aumento del contenido en proteína de la dieta se refleje en una mayor movilización de las reservas corporales, ya que estos mismos autores ponen de manifiesto en otro trabajo (Sykes y Field, 1972b) que lo que más se ve afectada es la eficiencia con que es utilizada la energía corporal movilizada.

Por otra parte, la extensión y patrón de movilización de la grasa corporal vienen condicionados por el nivel de reservas disponibles inicialmente. Las ovejas con más reservas presentan una mayor capacidad de movilización (Panaretto, 1964; Geisler y Neal, 1979; Rattray col., 1980).

En resumen, durante el último tercio de la gestación, la cantidad de grasa y agua corporal varían en mayor cuantía que el resto de los componentes químicos del cuerpo, estando ambos estrecha y negativamente correlacionados, como se detalla más adelante en el apartado 2.2.3.1.1. de esta Revisión. El grado de movilización de reservas corporales de la hembra gestante puede verse afectada por distintos factores, no solo relacionados con el tipo de alimento y plano de alimentación, sino también con el estado de reservas de los animales y el estadio de la gestación considerado, por lo que el equivalente calórico de los cambios de peso es muy variable, como se verá en el apartado 1.4.

### 1.3.- Lactación.

A diferencia del incremento gradual en las demandas metabólicas que acompañan a la gestación, los requerimientos energéticos y proteicos aumentan bruscamente en el espacio de pocos días después del parto. Annison y Linzell (1964) estiman que la cabra lactante utiliza para la producción de leche entre el 60 y el 85 p. 100 del total de la glucosa requerida por el animal, cifra que se acepta para el resto de los rumiantes (Bauman, 1984).

Debido a la incapacidad de la hembra para incrementar rápidamente la ingestión después del parto, al inicio de la lactación se asiste a un déficit de energía y proteína; consecuentemente, el metabolismo materno debe ser alterado para acomodarse a las enormes demandas de nutrientes para la síntesis de leche, mediante una exportación masiva de lípidos, aminoácidos y glucosa hacia la ubre.

A continuación, comentaremos los principales cambios metabólicos y las variaciones en el cuerpo del animal que acompañan a la lactación, haciendo referencia a las modificaciones impuestas por determinados factores extrínsecos, fundamentalmente la alimentación.

#### 1.3.1.- Cambios metabólicos inducidos por la lactación.

Como en el caso del útero grávido, la glándula mamaria no confiere ventajas intrínsecas a la madre, la cual debe orientar la actividad de otros tejidos y órganos para sostener la secreción de leche. Los cambios metabólicos asociados con la lactación, que se resumen en el cuadro 2, adaptado de los trabajos de Bauman y Currie (1980) y Chilliard y col. (1983), se traducen fundamentalmente en un aumento de la producción de glucosa en el hígado, y en una movilización de las reservas lipídicas.

El incremento de la actividad enzimática y metabólica que permite al animal cubrir las necesidades mediante la movilización de sus propias reservas, se refleja también en un incremento en el

CUADRO 2. PRINCIPALES TRANSFORMACIONES METABOLICAS QUE OCURREN DURANTE LA LACTACION

FUNCION FISIOLOGICA	CAMBIO METABOLICO	TEJIDOS IMPLICADOS
SINTESIS DE LECHE	↑ USO DE NUTRIENTES	MANARIO
METABOLISMO LIPIDICO	↑ LIPOLISIS ↓ LIPOGENESIS ↑ CETOGENESIS	ADIPOSO HEPATICO
METABOLISMO GLUCIDICO	↑ GLUCONEOGENESIS ↑ GLUCOGENOLISIS ↓ USO DE GLUCOSA ↑ USO DE LIPIDOS COMO FUENTE DE ENERGIA	HEPATICO DIFERENTES TEJIDOS
METABOLISMO PROTEICO	↑ MOVILIZACION RESERVAS PROTEICAS	MUSCULOS Y OTROS TEJIDOS
METABOLISMO MINERAL	↑ ABSORCION ↑ MOVILIZACION RESERVAS	DIGESTIVO, OSEO RENAL Y HEPATICO

tamaño y peso de los órganos más activamente comprometidos, como veremos a continuación.

### 1.3.2.- Transformaciones orgánicas.

En los primeros días siguientes al parto finaliza el desarrollo de la glándula mamaria; a partir de este momento se producen disminuciones paulatinas en su peso conforme avanza la lactación. Cowan y col. (1981b), observan un peso medio de la ubre de 2,32 kg a los 6 días post-parto, siendo significativamente diferente al peso registrado a los 42 días de lactación (1,5 kg) aunque no encuentran variaciones significativas en las proporciones de los distintos componentes químicos.

El aumento en el volumen sanguíneo experimentado durante gestación, se mantienen e incluso se incrementa ligeramente al principio de la lactación (Robinson, 1986).

Durante la lactación, la actividad metabólica del hígado es máxima debido al aumento de la captación de ácidos grasos libres del plasma (Reid y col., 1980) y de la neoglucogénesis para atender a las demandas de glucosa para la síntesis de leche (Chilliard y col., 1983).

Este aumento de la actividad metabólica se refleja en un incremento de tamaño, hecho comprobado por varios autores tanto en vacuno (Smith y Baldwin, 1974) como en ovino (Fell y col., 1972). El incremento se debería tanto a la hiperplasia como a la hipertrofia del parénquima celular (Campbell y Fell, 1970) y parece que tiene lugar incluso en situaciones en que se observan movilizaciones de grasa desde este órgano (Cowan y col., 1979; 1980a).

El peso de otros órganos como el corazón, los riñones y el bazo son también superiores en los animales lactantes, comparados con no lactantes del mismo peso vivo (Smith y Baldwin, 1974). Estos autores y Fell y col. (1972), indican que existen diferencias en el peso del rumen, abomaso e intestino delgado, entre animales lactantes y secos, siendo entre un 20 y un 70 p. 100 superiores en

los primeros. La mucosa ruminal presenta una gran capacidad de hipertrofia, pudiendo aumentar en un 155 p. 100 durante los primeros 44 días de lactación (Fell y col., 1972). Esta hipertrofia de los órganos del tracto digestivo se produciría, fundamentalmente, como respuesta al incremento en la ingestión de alimentos (Doreau y coll, 1985; Geenty y Sykes, 1986). De hecho, Cowan y col. (1978, 1979, 1981b) no encuentran un incremento del peso del tracto digestivo durante la lactación cuando las ovejas permanecían a un nivel de ingestión constante.

### 1.3.3.- Cambios en la composición química del cuerpo.

El desfase entre el aumento de la producción de leche y de las necesidades después del parto, y el incremento de la capacidad de ingestión, observado tanto en ovino (Hadjipieris y Holmes, 1966; Forbes, 1971) como en vacuno (Verité y Journet, 1978; Chigaru y Topps, 1981), hace que los rumiantes deban movilizar parte de sus reservas para atender a la producción de leche, considerándose como un fenómeno normal la pérdida de peso durante la primera fase de la lactación (Peart, 1968, 1970; Forbes y Robinson, 1967; Treacher, 1970, 1971; Sauvant, 1981), aunque con alimentación "ad libitum" e incluyendo cantidades elevadas de concentrados en la ración, se pueden también obtener ganancias de peso en las primeras semanas de lactación (Lodge y Heaney, 1975; Cowan y col., 1980a).

Las reservas son generalmente recuperadas posteriormente, siendo común una recuperación de peso en la segunda fase de la lactación, cuando la capacidad de ingestión no es limitante (Gardner y Hogue, 1964; Flatt y col., 1965; Treacher, 1971; Alvarez y Guada, 1982). Esta reposición viene favorecida por el estado hormonal de los animales (Chilliard y col, 1983) y se lleva a cabo de forma tan eficiente como la propia producción de leche (ARC, 1980).

En el presente apartado nos centraremos en el análisis de la primera fase por ser la más crítica y en la que se producen los cambios más notables en la composición del cuerpo. En un primer subapartado trataremos de los cambios observados en el contenido en agua, proteína y cenizas, reservando para un segundo los cambios en

el contenido de grasa corporal, por su extensión e importancia.

#### 1.3.3.1.- Variación del contenido en agua, proteína y cenizas.

Numerosos autores, trabajando con ganado ovino, han puesto de manifiesto un aumento del porcentaje de agua del cuerpo en el curso de la lactación (Sykes, 1974; Foot y col., 1979; Cowan y col., 1978). Incluso, como ocurría en la gestación, se han observado incrementos en valores absolutos a pesar de un descenso del peso vivo vacío (Cowan y col., 1979, 1980a; Geenty y Sykes, 1986). Estos últimos autores han encontrado incrementos en la proporción de agua del cuerpo vacío de más de 20 unidades porcentuales (de 57,8 a 79,4 p. 100) en ovejas que perdieron 5 kg de peso vivo vacío (lípidos en su totalidad) durante las 6 primeras semanas de lactación.

Geenty y Sykes (1986) indican que la hidratación del cuerpo probablemente refleja un incremento en el fluido extracelular, lo cual viene generalmente asociado a estados de subalimentación y, de hecho, los resultados de estos autores y de Cowan y col. (1980a), ponen de manifiesto que cuando no hay pérdidas ostensibles de peso vivo vacío, no es evidente el incremento en el porcentaje de agua del cuerpo vacío. Por otra parte, la hidratación se manifiesta fundamentalmente al inicio de la lactación, cuando mayor es el déficit energético (Foot y col., 1979; Cowan y col., 1981b), aunque los primeros autores señalan que ello puede ser debido también a una recuperación de las pérdidas de agua que ocurren en el parto.

Al inicio de la lactación hay una elevada exportación de nitrógeno en la leche, que puede no ser cubierta en su totalidad por la ingestión, siendo necesario el catabolismo de la proteína corporal (Chilliard y col., 1983), que alternativamente puede ser utilizada como fuente de glucosa (Trigg y Topps, 1981).

En vacuno lechero se han encontrado elevadas tasas de movilización de proteína en las primeras semanas de lactación, dándose cifras de hasta 20 kg de pérdidas, que representa un 25 p. 100 de la proteína corporal al parto (Botts y col., 1979). Estas pérdidas serían soportadas no sólo por las reservas lábiles del

hígado, sino también por la movilización de proteínas estructurales (Reid y col., 1980; Trigg y col., 1980; Buttery, 1984).

Los datos de la bibliografía muestran, en general, una menor movilización de proteína en el ganado ovino al inicio de la lactación. Cowan y col. (1979), ponen de manifiesto una pérdida de proteína de 16 g/día entre los 12 y 41 días de lactación en ovejas que recibieron una ración con un contenido en proteína bruta de 15,1 p. 100. Esta pérdida de proteína representó aproximadamente un 5 p. 100 del contenido inicial, mientras que los animales movilizaron un 75 p. 100 de sus reservas grasas en el mismo periodo. Cowan y col. (1980a), trabajando con ovejas de distinto grado de engrasamiento al parto y alimentadas "ad libitum" entre los 5 y 45 días de lactación con dietas de distinta concentración energética, encuentran una movilización máxima de 28,5 g/día (14 p. 100 de las reservas iniciales) en los animales que recibieron un plano de alimentación bajo en gestación y la dieta menos concentrada en lactación. Para el mismo período y tratamiento las ovejas perdieron 5 kg de grasa (125 g/días) que representó un 60 p. 100 de las reservas iniciales. Los autores indican, además, que pudo haber un déficit proteico ya que la concentración de proteína bruta en la dieta fue del 12,1 p. 100. Geenty y Sykes (1986), observan una movilización de proteína máxima de 0,8 kg entre el parto y las 6 semanas de lactación (30 g/día) en animales que perdieron 7,1 kg de lípidos en el mismo período, indicando que pudo haber un déficit proteico que se manifestó por un descenso del contenido en proteína de la leche. Foot y col. (1979) encuentran ganancias de tan sólo 0,5 kg de proteína en ovejas Blackface entre mitad de lactación y ovejas secas (5-6 meses más tarde), cuando en el mismo periodo, los animales ganaron 8,5 kg de lípidos.

Estos datos contrastan con la considerable movilización de proteína encontrada por Sykes (1974), quien observa una pérdida de 1 kg de proteína (21 p. 100 de la reserva inicial) entre la cubrición y mitad de lactación. No obstante, hay que señalar que las ovejas se mantuvieron en pastos de montaña entre noviembre y junio y, probablemente, como señalan Cowan y col. (1979), estuvieron sometidos a una severa restricción energética y protéica. De hecho, durante el mismo periodo, estos animales perdieron 6,5 kg de lípidos, que representó el 90 p. 100 de las reservas iniciales.

El cambio neto en el nitrógeno corporal puede enmascarar los cambios en determinados tejidos y órganos, ya que parece existir una redistribución en las primeras semanas de lactación, con un incremento de la cantidad de nitrógeno retenido en las paredes del aparato digestivo y una reducción del contenido en nitrógeno en la canal y, fundamentalmente, en la ubre (Mackie y Fell, 1971; Fell y col., 1972; Cowan y col., 1979, 1980a).

La movilización de proteína viene afectada, como es natural por el nivel de producción de los animales (Chigaru y Topps, 1981; Chilliard y col., 1983) y por el plano de alimentación (Sykes y col., 1974; Rattray y col., 1973o; Rattray y col., 1974b) o la concentración energética de la ración, cuando esta es administrada "ad libitum" (Cowan y col., 1980a). Es muy escasa la bibliografía existente sobre el efecto del nivel de proteína en las dietas sobre la movilización de proteína. En corderos, Jagusch y col. (1970) observan que aquellos alimentados con una dieta alta en proteína, presentan un mayor contenido en proteína en el cuerpo magro y seco que los alimentados con una dieta de baja concentración proteica, sugiriendo la existencia de una movilización de reservas proteicas en éstos últimos. En animales adultos, la influencia de este factor, parece ser escasa; así, Cowan y col. (1981b) no encuentran diferencias en la movilización de proteína entre los 6 y 42 días de lactación, en ovejas que recibieron "ad libitum" una dieta en base a un 60 p. 100 de forraje y 40 p. 100 de concentrado con un 11,6 o un 14,3 p. 100 de proteína bruta.

El estado de reservas al parto podría también afectar a la extensión y proporción de proteína movilizada, pero los resultados de la bibliografía no son concluyentes. Mientras Cowan y col. (1980a) encuentran una mayor movilización de proteína en lactación, tanto en términos absolutos como relativos al peso vivo vacío, en ovejas que recibieron un plano de alimentación bajo en gestación en relación a aquellas que recibieron un plano alto, Geenty y Sykes (1986) observan mayor movilización en ovejas con mayor estado de reservas al parto, aunque las diferencias fueron escasas cuando se expresaron en relación a las pérdidas en peso vivo vacío.

Concluyendo, al principio de la lactación y dependiendo de los factores mencionados, se observan pérdidas variables de



proteína corporal que si bien es probable que tengan escasa importancia cuantitativa en relación a la producción de leche durante la lactación, pueden ser importantes en las primeras semanas de lactación cuando la ingestión es todavía escasa (Coppock y col., 1968; Cowan y col., 1980a).

El contenido en cenizas del cuerpo también puede verse afectado durante la lactación, debido fundamentalmente a la importante exportación de Ca en leche. No obstante, como ya se ha señalado, durante la lactación existe un aumento de la absorción de calcio y del metabolismo de la vitamina D como mecanismos de adaptación a esta situación (Bauman y Currie, 1980) siendo la movilización de escasa significación cuantitativa (3-4 p. 100 del peso vivo vacío).

Así, de la revisión de los trabajos realizados por Cowan y col. (1978, 1979, 1981a,b), se puede deducir que la cantidad de cenizas del cuerpo de las ovejas varía muy poco a lo largo de la lactación y se ve escasamente afectada por factores como el plano de alimentación, porcentaje de proteína de la dieta o nivel de reservas al parto. En estos trabajos incluso se observa un ligero aumento de la cantidad total de cenizas entre el inicio y las 5-7 semanas de lactación, debido probablemente al elevado contenido en minerales en las dietas.

Hay referencias, sin embargo, que ponen de manifiesto un cierto grado de movilización de cenizas. Foot y col. (1979) en ovejas estabuladas observan menores porcentajes de cenizas en el cuerpo magro de ovejas sacrificadas a mitad de la lactación que en vacías (20,7 p. 100 vs. 25,6 p. 100) y Odwongo y col. (1984) encuentran en vacas lecheras un mayor porcentaje de cenizas en el cuerpo magro al principio (19,05 p. 100) que al final de la lactación (16,31 p. 100).

Tal y como se ha señalado al hablar de los cambios en la composición del cuerpo materno en gestación, las variaciones comentadas en el grado de hidratación y contenido en proteína y cenizas se reflejan, en algunos casos, en variaciones en la composición del cuerpo magro (Wedgewood, 1963), como se verá en el apartado correspondiente.

### 1.3.3.2.- Variación del contenido en lípidos.

La energía movilizada al inicio de la lactación se debe fundamentalmente a la pérdida de grasa corporal. Las ovejas lactantes pueden movilizar sus reservas lipídicas en una considerable extensión durante las primeras semanas de la lactación, aun siendo alimentadas a planos próximos a los que se pueden dar en condiciones prácticas de explotación. Así, Cowan y col. (1980a) ponen de manifiesto una movilización de 330 g/día entre los 5 y 45 días de lactación, en ovejas con un elevado grado de engrasamiento al parto (30 p. 100 de lípidos en relación al peso vivo vacío) que recibían "ad libitum" una ración con un 90 p. 100 de forraje y un 10 p. 100 de concentrado y Cowan y col. (1979) observan una deplección de las reservas lipídicas del 75 p. 100 (de 9,19 a 2,28 kg) entre los 12 y 41 días de lactación en ovejas recibiendo un plano de alimentación de 1,8 veces las necesidades de mantenimiento que cubría aproximadamente el 50 p. 100 de las necesidades netas de lactación (producción media diaria de leche de 2 kg). Pérdidas de lípidos similares (220 g/día) encuentran Geenty y Sykes (1986) en las 6 primeras semanas de lactación en ovejas alimentadas a un plano alto en gestación y recibiendo un plano de alimentación de 2 veces las necesidades de mantenimiento, en lactación (producción media diaria de leche de 2,3 kg).

La movilización de lípidos no necesariamente es tan extrema como en los ejemplos dados al inicio del apartado, dependiendo de diversos factores, unos relacionados con las características y estado de reservas del animal, otros con el nivel de alimentación y composición de la dieta.

El genotipo o aptitud del animal afectan a la movilización de la grasa, principalmente porque determinan el nivel de producción de leche. En general los animales de gran aptitud lechera son capaces de movilizar extensamente sus reservas corporales para sostener la elevada producción (Journet y Remond, 1978; Broster, 1980). En los trabajos llevados a cabo por Alvarez (1980) y Alvarez y Guada (1982) con ovejas de raza churra, se observa que la respuesta a los incrementos en el nivel de ingestión de energía en lactación, depende del potencial productivo del animal. En ovejas cuya producción media durante las tres primeras semanas de lactación

fue inferior a 700 g/día, se observó una mayor tendencia a constituir reservas corporales en las semanas siguientes, que en aquellas cuya producción inicial fue superior a 700 g/día.

La movilización de grasa en lactación puede verse también afectada por el estado de reservas de los animales al parto (Remond y Journet, 1978; Sauvant, 1981). En ganado ovino, Stern y col. (1978) ponen de manifiesto una mayor pérdida de peso en lactación en los animales que habían recibido un mayor nivel de alimentación en gestación y en pruebas de sacrificio, Cowan y col. (1980a), encuentran pérdidas de 5,1 y 13,5 kg de grasa entre los 5 y 45 días de lactación en ovejas recibiendo un mismo plano de alimentación, pero con un contenido en grasa inicial de 8,4 y 19,6 kg respectivamente. El contenido en grasa de los cambios de peso vivo vacío fue también superior en los animales más engrasados (23 vs 57 p. 100). También Geenty y Sykes (1986) encuentran mayores pérdidas de grasa en las 6 primeras semanas de lactación en aquellas ovejas que habían recibido un plano alto de alimentación durante la gestación, en relación a las que recibieron un plano bajo (7,08 vs 5,47 kg), pero el contenido en grasa de los cambios de peso vivo vacío fue superior en las ovejas que recibieron el plano bajo en gestación (70 p. 100 respecto a prácticamente el 100 p. 100 para el plano alto y bajo respectivamente).

El grado de movilización de reservas grasas viene afectado, como es lógico, por el nivel de ingestión, siendo menor la cantidad de grasa movilizada cuanto menor es el déficit energético (Flatt y col., 1969; Cowan y col., 1978, 1979, 1980a; Geenty y Sykes, 1986).

Existe una interacción entre el estado de reservas o grado de engrasamiento al parto y el plano de alimentación en lactación, sobre la movilización de grasa en esta fase. Cowan y col. (1982) a partir de datos de 3 experimentos de sacrificio, con un total de 73 ovejas, encuentran una estrecha relación entre la pérdida de grasa diaria de las ovejas en las primeras semanas de lactación ( $y$ , gr/día), la cantidad de grasa de las ovejas al inicio ( $x_1$ , kg) y la ingestión de energía metabolizable ( $x_2$ , kg/día):

$$y = (b_1 - 1,72 x_2) x_1 + 19$$

La gráfica 1, obtenida por los autores a partir de esta ecuación, pone de manifiesto que, para un mismo estado de engrasamiento, la pérdida de lípidos es mayor cuanto menor es la ingestión de EM y para una misma ingestión, las pérdidas son superiores en los animales más grasos. Por otra parte se observa que el estado de engrasamiento tiene menor efecto cuanto mayor es el plano de alimentación y que una restricción de éste afecta menos, en cuanto a pérdidas de grasa, a los animales magros que a los grasos. La diferencia en la respuesta debido al grado de engrasamiento puede verse incrementada, debido a que aquel puede afectar de forma negativa al nivel de ingestión (Forbes, 1969, 1977; Bines, 1969; Cowan y col., 1980a). Cowan y col. (1982) concluyen, no obstante, que en la práctica, la pérdida diaria de grasa viene determinada más por el nivel de ingestión que por el estado de engrasamiento de los animales.

También la composición de la dieta (relación forraje/concentrado y contenido en proteína) puede afectar a las pérdidas de grasa durante la lactación. Al aumentar la proporción de concentrado decrece la lipólisis (Opstvedt y Ronning, 1967). De hecho, al aumentar la concentración energética de la ración una mayor proporción de EM es utilizada para la acumulación de grasa corporal en detrimento de la producción de leche y de su contenido en grasa (Blaxter, 1962; Kay, 1969; Gordín y col., 1971).

No se han encontrado en la bibliografía trabajos en los que se haya estudiado el efecto de la concentración de la ración, a un mismo plano de alimentación, sobre la movilización de reservas en ovejas lactantes. Cowan y col. (1980a), observan una deplección de más del 60 p. 100 de las reservas grasas entre las semanas 1 y 5 de lactación, en ovejas recibiendo una dieta con sólo un 10 p. 100 de concentrado, en tanto que aquellas que recibieron una ración con un 40 p. 100 de concentrado experimentaron ganancias de grasa. Pero ambas dietas se ofrecieron "ad libitum" siendo superior el plano de alimentación de la ración más concentrada, por lo que se confunden ambos efectos. Flatt y col. (1969), con vacas lecheras recibiendo raciones con un 60, 40 y 20 p. 100 de heno de alfalfa, a un plano próximo a 2,5 veces mantenimiento durante las 10 primeras semanas de lactación, observan una pérdida de energía corporal de 10,3, 7,2 y 3,6 Mcal/día, respectivamente.

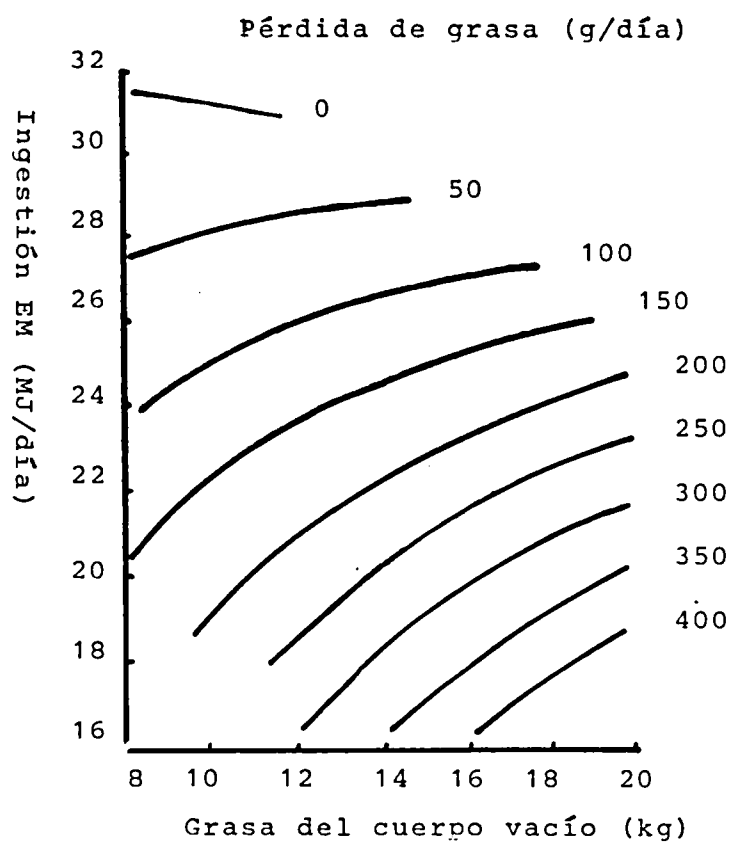


FIGURA 1.- Efectos del contenido en grasa corporal e ingestión de energía metabolizable (EM) sobre la pérdida de grasa en ovejas al principio de lactación (Cowan y col., 1982)

En cuanto al efecto del contenido proteico de la dieta, numerosos autores han observado un incremento en la producción de leche, tanto en vacuno (Gordon, 1977; Van Horn y col., 1979; Cowan y col. 1981a), como en ovino (Robinson y col., 1979, 1980; Cowan y col., 1981b), un descenso de peso (Sparrow y col., 1973; Robinson y col., 1974, 1979) y un aumento en la tasa de ácidos grasos libres (Ørskov y col., 1977), cuando aumenta el contenido de proteína en la dieta. Sin embargo no es evidente que el nivel de proteína afecte a la movilización de grasa. En los experimentos de sacrificio de Cowan y col. (1979, 1980a) con ganado ovino, encuentran movilizaciones de grasa muy elevadas al inicio de la lactación asociadas con bajos niveles de ingestión de proteína bruta y Cowan y col. (1981b) no encuentra variaciones en la pérdida de grasa al incrementar la relación proteína/energía de la ración mediante la adición de harina de pescado. Dada la baja eficiencia con que la grasa movilizada fue usada para la síntesis de leche en los dos primeros trabajos y el hecho de que dicha eficiencia fuera mayor con la dieta de mayor contenido proteico en el último, parece indicar que el nivel de proteína de la dieta afectaría más a la eficiencia de utilización de la energía movilizada que al grado de dicha movilización, lo cual ha sido también observado en vacuno por Gordon y Forbes (1970) y Gordon (1977).

En definitiva, parece evidente que la grasa es el componente corporal más variable y el que en mayor medida se moviliza al principio de la lactación. Dicha movilización viene favorecida por el estado hormonal y modulada por distintos factores que competen directamente al animal (genotipo, nivel de producción, estado de engrasamiento) o relacionados con el nivel de alimentación y composición de la dieta, pudiendo llegar a la deplección casi total de las reservas acumuladas. Estas pérdidas de grasa corporal contribuyen de una forma importante a la producción de leche (Cowan y col. 1981b) y son repuestas, como el resto de los componentes químicos, a partir de la mitad de la lactación, con una eficiencia similar a la producción de leche.

#### 1.4.- Composición y valor energético de los cambios de pesos

Numerosos autores han puesto de manifiesto que durante los periodos más críticos del ciclo reproductivo (último tercio de la gestación, primera fase de la lactación), la composición de los cambios de peso es extraordinariamente variable. Sobre todo en lo que se refiere al contenido en grasa y, por consiguiente, al valor energético de dichos cambios.

En el Cuadro 3 figuran las variaciones en el peso vivo y/o peso vivo vacío y el contenido en lípidos y proteínas del cuerpo de los animales durante la gestación y la lactación encontradas por distintos autores en diferentes experimentos. Se presentan, así mismo, los equivalentes energéticos de los cambios de peso determinados por los autores citados o estimados considerando un valor calórico de 9,39 y 5,64 para la grasa y la proteína (ARC, 1980).

Lo primero que se puede observar en el Cuadro 3 es que tanto en gestación como en lactación los valores energéticos no solo son extremadamente variables sino que en algunos casos son muy superiores al valor energético de la grasa (9,4 Mcal/kg), lo que indica una mayor pérdida de lípidos que de peso. Los valores más elevados, como alguno de los encontrados en gestación por Robinson y col. (1978) y Rattray y col. (1980), coinciden con escasas pérdidas de peso acompañadas de pérdidas superiores de lípidos, e incluso, en los casos que figura un asterisco, las pérdidas de grasa vienen acompañadas de una ganancia neta de peso, por lo que no se puede dar un valor calórico a los cambios de peso ya que sería negativo y de difícil interpretación.

Por otra parte la proporción relativa de lípidos y proteína y por consiguiente el valor energético de los cambios de peso, puede variar, tanto en gestación como en lactación, según el estadio considerado. Así, Russel y col. (1968) observan, como ya se indicó en el capítulo anterior, un mayor valor energético de los cambios de peso en la última fase de la gestación (6,74 Mcal/Kg peso vivo vacío) que en los primeros meses de la gestación (4,36 Mcal/Kg peso vivo vacío) y Cowan y col. (1979) encuentran un mayor valor energético de los cambios de peso al inicio (14,10 Mcal/Kg peso vivo vacío) que al final de la lactación (7,89 Mcal/Kg peso vivo vacío).

CUADRO 3.- (CONTINUACION) EQUIVALENTE ENERGETICO (Mcal/Kg) DE LOS CAMBIOS DE PESO MATERNO DURANTE LACTACION.

referencias	animales esp. y fase	periodo	tratamiento	cambios PV (Kg)	cambios PVV (Kg)	var. lip. (Kg)	var. prot. (Kg)	eq. energ. PV	eq. energ. PVV
SYKES (1974)	OVINO	Cruz.-1/2 Lact.	--	-9,40	-8,20	-6,52	-0,98	7,10	8,14
FOOT Y COL (1979)	OVINO LACT.	Lactación-Secas	--	8,20	7,9(e)	8,49	0,53	10,09	10,47
		Lactación-Secas	--	-3,30	-4,10	-0,68	0,08	1,80	1,45
COWAN Y COL (1979)	OVINO LACT.	12-41 días	2 x M	-1,30	-4,7(e)	-6,91	-0,45	16,25	14,10
		41-111 días	2 x M	-3,10	-1,10	-1,09	0,32	4,06	7,89
COWAN Y COL (1980a)	OVINO LACT.	5-45 días	A-H (3)	-3,88(e)	-4,6(e)	-5,92	0,02	14,34	11,95
			A-L	-6,12	-16,20	-13,44	-0,81	21,51	8,13
			B-H	0,68	2,10	0,39	0,01	5,74	1,91
			B-L	-4,50	-8,90	-5,08	-1,14	11,95	6,21
TISSIER Y COL (1980)	OVINO LACT.	6-42 días	--	-5,60	--	-2,50	-0,50	4,64	--
CHIGARU Y TOPPS (1981)	TERNERAS LACT. VACAS LACT.		Subalimentación	-30	--	-23,44	-1,47	7,61	--
			Subalimentación	-34	--	-21,13	-2,69	6,28	--
	TERNERAS LACT. VACAS LACT.		Sobrealimentación	28	--	19,15	1,85	6,79	--
			Sobrealimentación	43,26	--	23,44	4,28	5,65	--
COWAN Y COL (1981b)	OVINO LACT.	6-42 días	14,3% PB	-6,1(e)	-7,8(e)	-4,69	-0,84	11,71	8,60
			11,6% PB	-5,80	-8,80	-5,00	-0,76	11,47	7,89
GEENTY Y SYKES (1986)	OVINO LACT.	Parto-42 días	Alto gestación (2)	--	-6,1(e)	-2,90	-0,70	--	4,99
			Bajo gestación	--	-1,10	-0,40	0,20	--	2,32
			Alto gestación (2)	--	-10,10	-7,10	-0,82	--	6,88
			Bajo gestación	--	-5,00	-5,50	-0,30	--	10,40

(e) ESQUILADO

(\*) EQUIVALENTE ENERGETICO DE LOS CAMBIOS DE PESO DETERMINADOS POR LOS AUTORES CITADOS O ESTIMADO CONSIDERANDO UN VALOR CALORICO DE 9,39 y 5,64 PARA LA GRASA Y PROTEINA (ARS, 1980).

(1) CUERPO MAGRO VACIO Y SECO

(2) DISTINTA INGESTION DE HIERBA DURANTE GESTACION PARA INDUCIR A UN ALTO (60-65 KG) O BAJO (45-50 KG) PESO VIVOPOST-PARTO. (2 EXPERIENCIAS)

(3) ALIMENTACION EN GESTACION: A= AD LIBITUM, B= 90% NECESIDADES

ALIMENTACION EN LACTACION: H= AD LIBITUM, DIETA ALTA CONCENTRACION ENERGETICA

L= AD LIBITUM, DIETA BAJA CONCENTRACION ENERGETICA



Los valores presentados en el Cuadro 3 nos permiten también observar la influencia que las variaciones en el contenido del aparato digestivo puede tener al evaluar las variaciones en el contenido en energía del cuerpo de las ovejas entre el inicio y final de la gestación o entre el inicio y mitad o final de la lactación. En general, durante estos periodos, aumenta el nivel de ingestión y por tanto el contenido en el aparato digestivo, siendo menores los cambios detectados en el peso vivo que en las variaciones reales del peso vivo vacío. Ello se refleja en mayores valores energéticos de los cambios de peso cuando éstos se refieren al peso vivo en lugar de al peso vivo vacío. Este hecho puede adquirir mayor relevancia en lactación, como señalan Cowan y col. (1980a) y reflejan los datos referentes al trabajo de estos autores (ver tratamiento A-L, Cuadro 3), ya que en el primer mes de lactación, el plano de alimentación puede pasar de 1,2-1,5 veces mantenimiento a 3,5 veces mantenimiento (Sebastian, 1987).

Por la misma razón, los cambios en el peso vivo nos puedan dar una información tergiversada de los cambios en el contenido energético del cuerpo de los animales cuando se trate de comparar el efecto de diferentes planos de alimentación.

La bibliografía consultada no es concluyente a la hora de considerar si el equivalente energético de las ganancias de peso en estas fases es similar al de las pérdidas. Trigg y col. (1974) con vacas Holstein a mitad de lactación, obtienen un cociente de 7,17 a 9,32 Mcal/Kg para las pérdidas, mientras que para las ganancias estos autores señalan un valor notablemente inferior que no supera los 5 Mcal/Kg. Sin embargo, otros autores encuentran que la composición de los cambios de peso, sea cual fuera el sentido de éstos, es mayoritariamente grasa, por lo que el equivalente energético es similar para pérdidas y ganancias. Así, Tissier y col. (1980) con ovejas gestantes en balance energético positivo y ovejas lactantes en negativo, obtienen unos equivalentes energéticos muy similares para ganancias y pérdidas de peso (4,80 vs. 4,64 Mcal/Kg) y Chigaru y Topps (1981), en vacuno, no encuentran apenas diferencias en el equivalente calórico de ambos cambios de peso, aunque muestra una tendencia a ser superior para las pérdidas (ver Cuadro 3).

En definitiva, el Cuadro 3 nos muestra que el valor energético de los cambios de peso vivo e incluso de peso vivo vacío es muy variable y puede verse afectado por numerosos factores. No obstante, dada la escasa información existente y la heterogeneidad de los resultados de la bibliografía, las revisiones del (INRA 1978) y ARC 1980 proponen unos valores medios de 6,21 y 5,50 Mcal/Kg, respectivamente, aun teniendo en cuenta los errores que se pueden cometer en algunos casos al ser aplicados.

## 2.- DETERMINACION DE LAS VARIACIONES DE LA COMPOSICION CORPORAL O ESTADO DE RESERVAS DE LOS ANIMALES .

El estudio de las variaciones de la composición corporal de los animales se puede realizar mediante lo que se denomina "métodos directos", que requieren el sacrificio del animal para el análisis químico de su cuerpo, o mediante "métodos indirectos", que tratan de predecir la composición del cuerpo a partir de parámetros que se determinan sobre el animal vivo. También se han desarrollado otros métodos, que pueden considerarse como indirectos, basados en la correlación existente entre distintas medidas de la canal o alguna parte de ella y su composición tisular o química (Robelin y Geay, 1975; Robelin y col. 1975; Boccard y col. 1976; Robelin y Geay, 1978; Sornet, 1979). Estos métodos son de utilidad para la evaluación de las canales, pero su interés es escaso en estudios de nutrición, ya que no solventan el principal inconveniente de los "directos", el sacrificio de los animales, por lo que no serán objeto de esta revisión.

### 2.1.- Métodos directos de determinación de la variación de la composición corporal.

Estos métodos se basan en la disección o en el análisis químico del cuerpo de los animales y por tanto requieren el sacrificio de éstos.

La disección proporciona datos relativos a la composición anatómica (músculo, hueso, grasa) y el análisis químico, sobre la composición química del cuerpo (agua, proteína, grasa y cenizas) y su contenido energético. La determinación de ésta última aporta los datos más precisos para el estudio de las variaciones en el estado energético y protéico de los animales y por consiguiente los más fidedignos en las pruebas de alimentación animal, y a ella nos referimos en la presente revisión.

#### 2.1.1.- Determinación de la composición química del cuerpo.

Para la recogida de muestras del cuerpo, con el fin de determinar su composición química, los distintos autores siguen una pauta muy similar.

Los animales son esquilados, ordeñados si son lactantes, y pesados inmediatamente antes del sacrificio. Dependiendo de los objetivos de la experiencia, algunos autores someten a los animales a un periodo previo de ayuno de alimentos sólidos y agua (Reardon, 1969; Searle, 1970; Lodge y Heaney 1973a; Sykes, 1974) o de alimentos únicamente (Robinson y col. 1978) que suele durar entre 12 y 36 horas generalmente y otros no contemplan este periodo de ayuno previo al sacrificio (Foot y Greenhalgh, 1970; Cowan y col. 1978; 1979; 1980a y 1981b; Tissier y col. 1983).

Después del sangrado por degüello, el animal es eviscerado y se determina el contenido del aparato digestivo y de la vejiga de la orina por diferencia entre los pesos obtenidos antes y después de vaciar su contenido. La diferencia entre el peso del animal inmediatamente antes de ser sacrificado y el peso de los contenidos del aparato digestivo y de la vejiga de la orina, representa el peso del cuerpo vacío (PVV), peso que se toma como base para los cálculos posteriores.

Tras el pesaje de los distintos componentes del cuerpo vacío, éstos se distribuyen en distintas fracciones que son almacenadas por separado para posteriormente ser analizadas. Las fracciones en las que se divide el cuerpo vacío varían dependiendo de los distintos autores y objetivos perseguidos. Como ejemplo,

Robinson y col. (1978) consideran únicamente dos fracciones, una que incluye la canal con la ubre y grasa perirrenal y otra con el resto del cuerpo vacío, división similar a la efectuada por Arnold y col. (1985). Otros autores, como Purroy (1978) y Tissier y col. (1983), dividen el cuerpo en tres fracciones mayoritarias, una constituida por vísceras (sin ubre y útero); otra que incluye la piel, patas y cabeza y una tercera con la canal.

En las gestantes se suelen recoger separadamente los fetos, la placenta, los fluidos uterinos y el útero vacío (Rattray y col., 1974b; McDonald y col. 1979).

Algunos autores incluyen el útero y la ubre junto con el resto de las vísceras, sin embargo, otros consideran estos órganos por separado (Tyrrell y col. 1983; Tissier y col. 1983; Cowan y col. 1978, 1979, 1980 a, 1981 b). También el hígado es analizado por separado por algunos autores (Brown y Taylor, 1986; Cowan y col., 1979, 1980a).

Por otra parte, determinados autores no analizan la canal completa sino una parte representativa de ella que suele ser la media canal (Russel y col. 1968; Meissner y col. 1980a y b; Odwongo y col. 1984).

En general, el procedimiento de toma y preparación de las muestras depende de los objetivos perseguidos y pretenden, básicamente, la obtención de muestras lo más homogéneas posibles y de más fácil manejo. Así, Lodge y Heaney (1973a), a pesar de que consideran el peso de las patas y cabeza, no las muestrean por considerar que presentan una composición constante y poco variable y que su inclusión perjudica a la homogeneidad de la muestra.

Las distintas fracciones son nuevamente pesadas antes de proceder a su trituración, y tras ésta, se toman dos o tres muestras de cada una de las fracciones para su posterior análisis.

Generalmente se procede a la liofilización de las muestras lo que permite su manipulación posterior (Purroy, 1978; Tissier y col. 1983). Algunos autores determinan la MS directamente de la liofilización (Foot y Greenhalgh, 1970; Sykes, 1974; Foot y Greenhalgh, 1970; Cowan, 1979; 1980 a; 1981 b), y otros, como Panaretto y Till (1963); Russel y col. (1968, 1971) Keenan y col.

(1969), determinan la materia seca en estufa.

El contenido en proteína normalmente se determina como N Kjeldahl  $\times 6,25$  (Reardon, 1969; Sykes y Field 1972a; Farrel y Reardon, 1972; Purroy, 1978; Tissier y col. 1983; Cowan y col., 1979, 1980a, 1981b; Truscott y col. 1983; Arnold y col. 1985; Geenty y Sykes, 1986). Odwongo y col. 1984; estiman que el factor 6,25 para transformar el nitrógeno en proteína en el ganado vacuno no es correcto y calculan un valor para este factor de 5,8. Con anterioridad Donnelly y Freer (1974) lo estiman en 6,30, y Brown y Taylor (1986) calculan que para las vísceras el factor es de 6,94, y para el hígado en concreto de 7,954, utilizando el factor convencional para las restantes fracciones.

La determinación de la grasa química del cuerpo, generalmente se realiza mediante la extracción con éter (Keenan y col. 1969; Searle, 1970; Russel y col. 1971; Smith y Sykes, 1974) o bien por el método cloroformo-metanol descrito por Atkinson y col. (1972) (Robinson y col. 1978; McDonald y col. 1979; Cowan 1978, 1979, 1980, 1981b). Sin embargo, Purroy (1978), Theriez y col. (1981), Tissier y col. (1983), Castrillo y col. (1984) entre otros, la obtienen por diferencia entre la materia seca y la proteína (N Kjeldahl  $\times 6,25$ ) y cenizas. Estas, prácticamente todos los autores las determinan por combustión a 550-600 °C hasta peso constante.

El contenido energético se determina mediante bomba calorimétrica (Theriez y col. 1981; Tissier y col. 1983; Odwongo y col. 1984) o es calculado indirectamente multiplicando la cantidad de las distintos componentes químicos del cuerpo por sus respectivos calores de combustión. El valor calórico de la grasa y la proteína puede ser calculado haciendo la partición de la energía entre estos dos componentes corporales y considerando que la cantidad de carbohidratos es nula. La relación se establece expresando estos componentes en valores absolutos o en porcentajes de materia orgánica.

Los más ampliamente utilizados por los distintos autores son 5,6 Kcal/g PB y 9,4 Kcal/Kg GB determinados por Garrett y Hinman (1969) y Rattray y col. (1973a); Paladines y col. (1964) obtienen calores de combustión para la grasa y la proteína de 9,41

y 5,38 Kcal/g, respectivamente. Reid y col. (1968) calculan valores de 9,41 y 5,41 Kcal/g, Kleiber (1975) de 9,5 y 5,7 Kcal/g y Blaxter y Rook (1953) de 9,37 y 5,32 Kcal/g, Ørskov y McDonald (1970) obtienen un valor similar para la PB (5,35 Kcal/g), pero inferior para la grasa (9,08 Kcal /g). Valores algo distintos obtienen Odwongo y col. (1984), 5,93 y 9,23 Kcal/g para la proteína y la grasa, respectivamente.

Una vez determinado el porcentaje de materia seca y contenidos en proteína, grasa y cenizas de aquella, así como la energía de las muestras, se calcula la composición corporal de cada animal, teniendo en cuenta el peso de las fracciones, registrado antes de proceder al picado.

La suma de los pesos de los distintos componentes corporales obtenidos al sacrificio son generalmente inferiores al PV registrado inmediatamente antes del sacrificio, debido a las pérdidas en el proceso de preparación de las fracciones y de oreo de la canal, cuando este se lleva a cabo, no superando generalmente el 2-3 p.100 del PV (Donnelly y Freer, 1974; Foot y col. 1979; Brown y Taylor, 1986).

Estas pérdidas son consideradas en su totalidad como agua por algunos autores (Sykes, 1974; Foot y col. 1979; Meissner y col. 1980a y b; Geenty y Sykes, 1986), mientras otros (Panaretto y Till, 1963; Reardon 1969 y Castrillo, O., 1979), asumen que contienen un 80 p. 100 de agua y un 20 p. 100 de materia seca de la misma composición a la determinada para el cuerpo.

Robinson y col. (1978) señalan que el peso obtenido antes del sacrificio puede ser contradictorio respecto a anteriores registros, principalmente si a los animales se les somete a un ayuno previo antes del sacrificio. Por ello consideran que su uso resulta inadecuado a la hora de determinar la composición corporal de los animales. De ahí que estos autores utilicen el peso obtenido por extrapolación a partir de los pesos registrados en las 4 últimas semanas. La diferencia que encuentran entre el peso puntual y el estimado por extrapolación, lo distribuyen arbitrariamente entre el contenido digestivo y el agua de las dos fracciones en que divide el cuerpo del animal, en la proporción 1:2 y 1:1,5 respectivamente, ya que consideran que es improbable que en

esta diferencia haya una contribución sustancial de materia seca del cuerpo vacío materno.

Pocos son los autores que analizan la composición de la sangre. Normalmente se considera que contiene un 79 p. 100 de agua (White y col. 1964), cantidades despreciables de grasa y un 17 p. 100 de proteína (Ørskov y col. 1976).

Generalmente la composición se refiere al PV o PVV esquilado, aunque algunos autores tienen en cuenta la composición de la lana. Rattray y col. (1974b) analizaron la lana obteniendo un 89 p. 100 de materia seca, con un 63,4 p. 100 de proteína bruta, 27,6 p. 100 de grasa, 9 p. 100 de cenizas y un contenido energético de la materia seca de 5,8 Kcal/g.

A pesar de que, como se ha dicho, el sacrificio es el método más preciso de estimación de las variaciones de la composición de la masa corporal, presenta el inconveniente de no poder seguir la evolución de la composición en un mismo animal, de la representabilidad de los animales sacrificados a lo largo de la experiencia que se realice y de su laboriosidad y alto coste.

## 2.2.- Métodos indirectos de estimación de la composición corporal.

### 2.2.1.- Body Condition Score.

La condición corporal o "body condition score" (c.c.) es un método que trata de evaluar el estado de reservas de los animales y por tanto, su grado de engrasamiento, de una forma sencilla y sin la necesidad de ningún equipamiento.

Se basa en la palpación externa de las apófisis espinosas y transversas de las últimas vértebras dorsales y las primeras lumbares, para valorar el grado de recubrimiento de las mismas por el tejido graso y músculo adyacente, así como el tamaño y espesor del músculo "longissimus dorsi" que recubre las vértebras. La elección de esta zona se debe a que por ser de desarrollo tardío es altamente sensible a los cambios en la alimentación, siendo la última en donde la grasa se deposita y la primera donde se moviliza.

Actualmente, la mayor parte de los autores utilizan una escala de 5 puntos, con más o menos subdivisiones de cada punto dependiendo en gran parte de la pericia de los operadores. La primera propuesta de aplicación de una escala de 5 puntos fué hecha por Jefferies (1961) en Australia siendo adaptada y estandarizado el método por Russel y col. (1969).

La fiabilidad del método como indicador del estado de reservas grasas del animal ha sido y está siendo muy discutido.

Uno de los primeros autores en mostrar discrepancias al método fué Everitt (1962), quien aunque encuentra una relación significativa en la c.c. (escala de 10 puntos) y el contenido el lípidos del cuerpo de ovejas Merinas, señala que la media de la condición corporal puede llevar a conclusiones erróneas en la estimación del estado de engrasamiento del animal, resaltando el carácter subjetivo de la puntuación, hecho también señalado por Evans (1978) en un trabajo de interpretación y análisis de la validez del método.

En trabajos más recientes, algunos autores indican que la condición corporal aporta una estimación aceptable y útil del estado de reservas de las ovejas atendiendo a la estrecha correlación encontrada entre la nota de c.c. y el contenido en lípidos del cuerpo o peso de distintos depósitos grasos (Russel y col. 1969; 1971; Paramio y Folch, 1985; Purroy y Sebastan 1987; Delfa y col. 1987), siendo mejor la predicción que lo que se obtiene cuando se utiliza como única variable el peso vivo del animal.

Otros autores, como Guerra y col. (1972); Castrillo y col. (1988), estudiando relaciones del mismo tipo, cuestionan la validez del método y no encuentran ninguna ventaja en la utilización de la c.c. con respecto a la predicción obtenida con el PV de los animales.

Las razones de las discrepancias pueden en buena medida venir explicadas por el diseño experimental y el tipo de animales empleados. Así Russel y col. (1969,1971) y Delfa y col. (1987) utilizan animales con una condición corporal preestablecida abarcando un amplio rango, en tanto que Guerra y col. (1972) y



Castrillo y col. (1988) utilizan animales sometidos a distintos planos de alimentación , pero sin prefijar su condición corporal. Por otra parte, la mayor parte de los autores han trabajado con animales vacíos y secos en tanto que los últimos citados emplean ovejas en distintos fases del ciclo reproductivo.

Además, los datos pueden ser interpretados de distinta manera según los criterios que se utilizan. Por ejemplo, de los datos de Russel y col. (1969) se desprende que pese a la elevada correlación encontrada entre el porcentaje de lípidos del cuerpo y la c.c. ( $r = 0,94$ ), animales con una misma condición (3,0) tienen un porcentaje de lípidos que varía entre el 22 y el 33 p. 100 del PVV. Delfa y col. (1987) encuentran correlaciones superiores a 0,9 entre la condición corporal y el peso de distintos depósitos grasos, pero no encuentran diferencias significativas en éstos últimos entre animales de c.c. de 2,5 junto a 2,75 y 3,0 junto a 3,25, rango en el que se encuentran la mayor parte de las ovejas en condiciones convencionales de explotación (por ejemplo el 75 p. 100 de las empleadas por Paramio y Folch, 1985 y más del 90 p. 100 de las empleados por Purroy y Sebastián, 1987).

Incluso estos últimos autores mencionados, pese a encontrar coeficientes de correlación superiores a 0,8 entre los parámetros a estudio, las RSD muestran que los coeficientes de variación fueron en la mayor parte de las ecuaciones establecidas superiores al 40 p. 100.

En el trabajo de Castrillo y col. (1988) con ovejas F1 (Romanov x Rasa) diferencias de menos de 0,5 puntos de c.c. se corresponden con más de 5 Kg de diferencia en el contenido en lípidos del cuerpo vacío.

Aunque los estudios realizados sobre patrón de movilización de la grasa en ovejas adultas, muestran que dentro de un mismo genotipo existe una similitud en la distribución de la grasa en el cuerpo, independientemente del tamaño y origen de los animales (Russel y col. 1971), parece claro que la nota de condición corporal, en la cual la grasa subcutánea es el factor más determinante, puede no ser un buen índice de las reservas de grasa, como explícitamente sugieren Russel y col. (1968), ya que si bien inicialmente se movilizan los depósitos de madurez más tardía, como es el caso de la grasa subcutánea , en ovejas con un estado de

reservas bajo, son los depósitos de grasa intermuscular y omental-mesentérica los que en mayor medida contribuyen a la movilización total (Russel y col. 1968, 1971, Kempster, 1980, Costa Teixeira, 1987).

Por otra parte, a niveles comparables de grasa total, puede haber una diferencia en el reparto de la grasa según el genotipo de que se trate (Palsson, 1940; McClelland y Russel 1972).

No obstante, esto no invalida la utilización de la c.c. en condiciones de campo, en particular para detectar el estado general del rebaño o la presencia de animales con un estado de reservas bajo, teniendo en cuenta que su determinación resulta fácil, rápida y no precisa de ningún aparato. De hecho Gibon y col. (1985) en un estudio llevado a cabo en rebaños mantenidos en medios difíciles en los Pirineos y Cévennes Franceses, llegan a la conclusión de que la evaluación de la c.c. es una herramienta útil para definir las fases más críticas de disponibilidad de alimento a lo largo del ciclo reproductivo.

#### 2.2.2.- Relación entre la composición del cuerpo y el peso de los animales.

En estudios llevados a cabo en ganado ovino en crecimiento, han sido numerosos los autores que han puesto de manifiesto la estrecha relación entre el desarrollo de los distintos órganos tejidos o componentes químicos del cuerpo y el peso de los animales (Castrillo, O., 1975; Castrillo, 1979; Rattray y col. 1973b), habiendo demostrado tanto en experimentos específicamente diseñados con tal fin (Burton y Reid, 1969) como a partir del estudio de datos de la bibliografía (Reid y col., 1968; ARC, 1980) que el peso vivo de los animales explica la mayor parte de la variación de peso de los componentes corporales.

No obstante, todos los autores que han trabajado en este campo están de acuerdo en que el contenido en grasa del cuerpo y por lo tanto el contenido en energía, pueden presentar una elevada variabilidad a un mismo peso vivo, siendo el coeficiente de variación del contenido en grasa estimado a partir del peso vivo

vacío de los animales generalmente superior al 15 p. 100 (Lothman, 1971; Robelin, 1977; Davies y col. 1978; Robelin y Geay, 1978).

Reid y col. (1968), a partir de datos de 221 corderos castrados de pesos comprendidos entre 12 y 67 Kg y una proporción de lípidos de 4,9 a 46,6 p. 100 del PVV, encuentran que éste explica el 89 p. 100 de la variación del contenido en lípidos del cuerpo, pero el coeficiente de variación es del 25 p. 100, lo que representa 3,5 Kg de lípidos.

En animales adultos, las variaciones en la composición del cuerpo no vienen determinadas por los cambios en el desarrollo sino por su estado fisiológico y la relación entre el aporte de nutrientes y las necesidades del animal en un momento dado. En consecuencia la relación entre los componentes corporales y el peso vivo de los animales son en general menos estrechas, como muestran los elevados coeficientes de variación que presenta el contenido en lípidos estimado a partir del peso vivo de las ovejas en distintas fases fisiológicas (cuadro 4). Así, en el trabajo realizado por Foot y col. (1979) con 62 ovejas vacías y en lactación, estos autores encuentran un  $cv = 65$  p. 100 ( $RSD = 4,26$  Kg de lípidos) y Tissier y col. (1983) obtienen valores de  $cv$  del 30 p. 100 y  $RSD$  de 3,8 Kg de lípidos a partir de datos de 38 ovejas en distintas fases fisiológicas.

Parte de la variabilidad en la predicción del contenido en lípidos a partir del peso vivo de los animales es debido al peso del contenido digestivo, que puede ser muy variable en las distintas fases fisiológicas debido a la gran diferencia en los niveles de ingestión requeridos para cubrir las necesidades. Cowan y col. (1980a) encuentran variaciones en el contenido digestivo de 10 a 29 Kg en ovejas sacrificadas a los 5 y 45 días de lactación y que recibían dietas con un 90 ó 60 p. 100 de heno de alfalfa "ad libitum" y señalan que los cambios en el PV subestiman los cambios en el peso vivo vacío en el primer mes de lactación, corroborando los resultados encontrados en un trabajo anterior (Cowan y col., 1979).

**CUADRO 4. Relación entre el contenido en lípidos y el peso vivo (PV) o el peso vivo vacío (PVV) en ganado ovino adulto.**

REFERENCIAS	animales		lípidos (Kg)	PV			PVV		
	nº	fase		r	RSD	CV	r	RSD	CV
Foot y col. (1979)	62	lactación y secas	6,55 ± 5,66	0,67	4,26	65	0,79	3,53	54
	35	lactación	3,58 ± 4,02	0,63	3,17	89	0,80	2,46	69
Cowan y col. (1979)	4	12 d. lactación	9,19	---	---	--	---	0,80	9
	7	41-111 d lactación	1,81	---	---	--	---	0,89	49
Cowan y col (1980b)	10	5 d lactación	13,99*	---	---	--	---	5,89	42
	11	45 d lactación	7,97*	---	---	--	---	2,53	32
Tissier y col (1983)	19	vacías	12,6 ± 7,5	0,84	3,80	30	---	---	--
	7	gestación	13,8 ± 2,5	"	"	"	---	--	--
	5	7 d lactación	12,2 ± 7,0	"	"	"	---	--	--
	4	42 d lactación	11,3 ± 4,4	"	"	"	---	--	--

(\*) Estimado a partir de datos de Cowan y col (1980a)

Cuando se elimina esta fuente de variación, utilizando el PVV como predictor del contenido en lípidos, mejora la predicción, tal y como se observa en el cuadro 4. El PVV puede ser estimado con elevada fiabilidad a partir del PV particularmente si los animales se someten a ayuno previo (Reid y col. 1968) o bien mediante la estimación del contenido digestivo a partir de parámetros tales como el nivel de ingestión, la digestibilidad del alimento y el tiempo de retención de éste en el tracto digestivo (Cowan y col. 1980b), o mediante marcadores como  $^{51}\text{Cr}$ -EDTA (Chaiyabutr y col. 1987). No obstante y pese al incremento en la seguridad de predicción, las relaciones entre el PVV del animal y el peso de los componentes químicos sigue presentado c.v. altos, debido a que la composición corporal y fundamentalmente el contenido en grasa, pueden variar de forma independiente al PVV, como se ha visto en el apartado 1.4.

En gestación, cabe señalar que, además, hay que tener en cuenta el efecto del crecimiento de los fetos y anexos. En ovejas con 3 fetos, el peso de la carga fetal (feto + membranas + fluidos) presenta al final de gestación hasta un 20 - 25 p. 100 del PV de la madre. Ha sido por ello necesario desarrollar otros métodos que puedan determinar exactamente cuales son las variaciones reales de la composición corporal de los animales.

#### 2.2.3.- Métodos basados en el espacio de difusión de marcadores estrechamente ligados al agua.

Los métodos de los espacios de difusión consisten en la estimación del agua corporal a partir de la concentración, en la fase hídrica del cuerpo, de un marcador o sustancia difusible que ha sido previamente inyectada en el animal. Conocido el volumen de agua del cuerpo, puede estimarse el contenido en otros componentes debido a las relaciones existentes entre ellos.

Estos métodos han sido ampliamente utilizados en animales de distintas especies y en el hombre, y han sido objeto de varias revisiones (Dumont, 1958; Haxhe, 1964; Panaretto, 1968; Robelin, 1973).

En la presente revisión, se analizará, en un primer apartado, los principios generales en los que se basa el método y después de hacer una breve descripción de las distintas sustancias que han sido empleadas como marcadores del agua, pasaremos a analizar de forma más profunda las limitaciones del empleo del agua marcada (Deuterio y Tritio) como predictores del volumen de agua del organismo y resultados obtenidos cuando se ha empleado este método para predecir la composición del cuerpo de los animales, centrándonos fundamentalmente en los rumiantes.

#### 2.2.3.1.- Principios del método.

El método de estimación de la composición corporal a partir del espacio de difusión de un marcador en el agua del cuerpo se basa en dos principios:

a) A partir de un cierto estado de desarrollo, la composición corporal está estrechamente relacionada con el volumen de agua del cuerpo, debido a la constancia en la composición del cuerpo magro.

b) El volumen de agua del cuerpo de los animales puede ser estimado a partir del espacio de difusión del marcador.

##### 2.2.3.1.1.- Relación entre la composición corporal y el contenido en agua del organismo.

Si la composición del cuerpo magro vacío (CMV) de los animales (proporción de agua, proteína y cenizas) fuese constante, conociendo el volumen hídrico podrían ser estimados directamente los otros dos componentes. Si además conocemos el peso vivo vacío del animal (PVV), también puede ser predicho su contenido en lípidos, ya que:

$$(1) \text{ lípidos} = \text{PVV} - \text{CMV} \quad \text{y si}$$

$$(2) \text{ CMV} = \frac{1}{K} \text{ H}_2\text{O}$$

$$(3) \text{ lípidos} = \text{PVV} - \frac{1}{K} \text{ H}_2\text{O}$$

El concepto de que la proporción de agua en el cuerpo magro de un animal (K) decrece durante las primeras fases del crecimiento y que después se estabiliza y permanece relativamente constante, fué inicialmente establecido por Murray (1922) y Moulton y col. (1922). Este último autor en una publicación posterior (Moulton, 1923) establece el concepto de "madurez química" para denominar el estado de desarrollo en el que se alcanza a la constancia entre los distintos constituyentes del cuerpo magro.

Posteriormente, dicha constancia ha sido confirmada en el trabajo llevado a cabo por Pace y Rathbun en 1945. Estos autores obtuvieron una media de 72,4 p. 100 de agua en el CMV trabajando con un total de 50 hamsters. Cuando analizaron los datos con otros obtenidos en distintas especies (ratas, conejos, perros, gatos, monos) obtuvieron un valor de 73,2 p. 100 que ha sido aceptado para todas las especies (Sheng y Huggins, 1979).

En el caso concreto de los rumiantes, Panaretto (1963) obtiene un valor del contenido en agua expresado como porcentaje del CMV de  $73,6 \pm 0,3$  p. 100 en ovejas y de  $72,6 \pm 4$  p. 100 en cabras. Searle (1970) encuentra en ovejas de 12 a 18 meses de edad unos valores que oscilan entre 72,9 y 73,6 p. 100. Trabajos más recientes llevados a cabo por Cowan y col. (1979, 1981b) en ovino, ponen de manifiesto la relativa constancia del agua del cuerpo magro vacío a lo largo de los distintos estadios de lactación, encontrando unos valores de porcentaje de agua en el CMV próximos a los anteriormente mencionados ( $73,0$  y  $73,5$  p.100  $\pm 0,002$  en las 2 publicaciones señaladas, respectivamente).

La relativa constancia de la composición del cuerpo magro se ha puesto de manifiesto al relacionar las proporciones de lípidos y agua en el cuerpo respecto al peso vivo vacío (PVV) o al peso vivo (PV), ya que de la ecuación (3) se deduce que:

$$(4) \text{ lípidos/PVV} = 1 - 1/K (\text{H}_2\text{O/PVV})$$

En el cuadro 5, en el que se presentan los resultados obtenidos por distintos autores que han establecido ésta ecuación en rumiantes, se pone de manifiesto que la proporción de agua en el cuerpo explica, en todos los casos, cerca del 98 p.100 de la variación del porcentaje en lípidos. Hay que señalar que las ecuaciones establecidas por Reid y col. (1968); Rattray y col (1974b); Tissier y col (1983) y Arnold y col. (1985), fueron calculadas con datos obtenidos en distintos experimentos y en algunos casos recogidos de la bibliografía, por lo que incluyen distintas razas, edades, pesos y fases fisiológicas.

No obstante, a pesar de la relativa constancia de la composición del cuerpo magro y de la estrecha relación existente entre los porcentajes de lípidos y agua del cuerpo, numerosos autores han señalado en el ganado ovino que la composición del cuerpo magro no es rigurosamente constante. En el trabajo publicado por Reid y col. (1968) en el que se presentan datos obtenidos con 221 corderos castrados, los autores indican que el porcentaje de agua del cuerpo magro desciende ligeramente con la edad, el peso vivo y el estado de engrasamiento, incluso después de que el animal haya alcanzado la "madurez química". Foot y col. (1979) trabajando con ovejas de distinta raza (Blackface y Greyface) y fases fisiológicas (lactación y período seco), confirman en ovejas adultas la observación hecha por Reid y col. (1968) trabajando en corderos, en el sentido de un descenso del contenido en agua del cuerpo magro con el estado de engrasamiento de los animales (figura 2). En dicha figura se puede observar que el estado de engrasamiento puede confundirse con el efecto raza o fase fisiológica, ya que los animales menos engrasados y con un mayor porcentaje en agua del cuerpo magro pertenecen a la raza Greyface y estado fisiológico de avanzada lactación. No obstante, Tissier y col (1983) ponen de manifiesto también el efecto estado de engrasamiento, el cual se refleja en la curvilinealidad de la ecuación establecida entre el porcentaje de lípidos y agua, en el sentido de que los animales más magros (menor porcentaje de lípidos en el cuerpo) tienden a ser más grasos de lo que podría esperarse de su contenido en agua si la relación entre ambos componentes fuera lineal.



CUADRO 5 .- RELACION ENTRE EL PORCENTAJE DE GRASA Y AGUA DEL CUERPO.

referencias	animales nº especie	ordenada origen	coef. regresión agua (p. 100 PV)	r
Panaretto (1963)	16 (ovina y caprina)	96,20	- 1,25	- 0,968
Searle (1970)	61 (ovina)	91,97	- 1,18(e)	- 0,998
Little y Morris (1972)	8 (vacuno)	90,41	- 1,24	- 0,998
Cowan y col (1980b)	35 (ovina)	91,67	- 1,15(e)	---
Chigaru y Holness (1983)	18 (vacuno)	86,36	- 1,134	- 0,984
Tissier y col (1983)	38 (ovina)	93,77	- 1,192	- 0,981
Foot y col (1979)*	30 (ovina)	85,90	- 1,064	- 0,990

referencias	animales nº especie	ordenada origen	coef. regresión agua (p. 100 PV)	r
Reid y col (1968)	221 (ovina)	98,31	- 1,307(e)	- 0,991
Reid y col (1968)	256 (vacuno)	84,29	- 1,118	- 0,987
Garret e Hinman (1969)	48 (vacuno)	94,32	- 1,266	- 0,990
Rattray y col (1973c)	60 (ovina)	96,90	- 1,270(e)	- 0,990
Rattray y col (1974b)	193 (ovina)	98,44	- 1,307(e)	- 0,993
Arnold y col (1985)	173 (vacuno)	94,27	- 1,267	- 0,990

(\*) TBC = ambos componentes se expresan en función de la suma de los componentes al sacrificio.

(e) = PV esquilado.

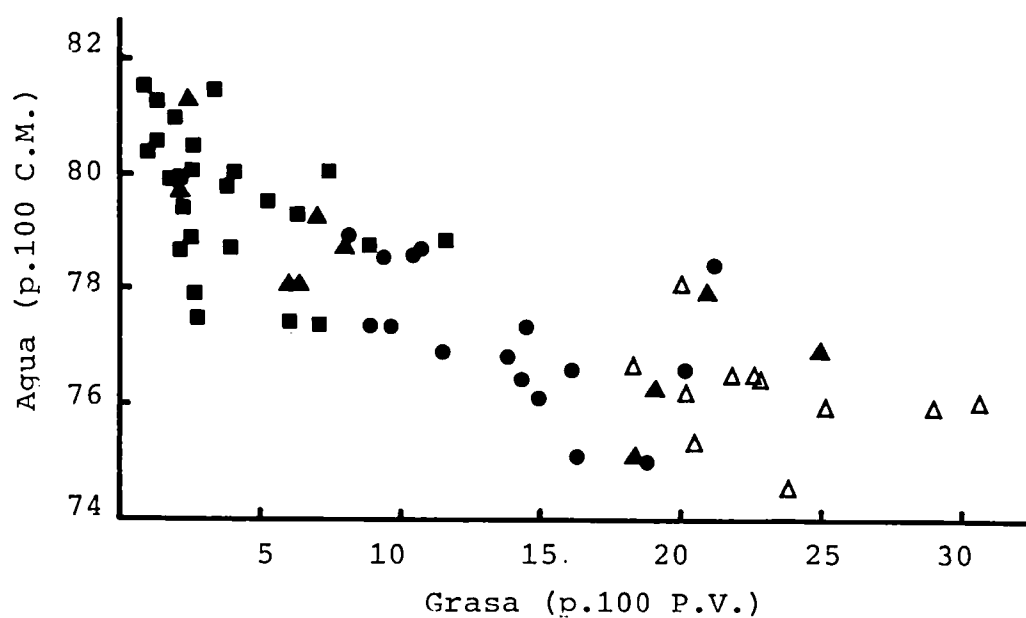


Figura 2.- Relación entre el porcentaje de agua en el cuerpo magro y el porcentaje de grasa en el cuerpo, en ovejas lactantes y secas. Ovejas Blackface, lactantes, ▲ y secas, Δ y ●; ovejas Greyface lactantes, ■. (Foot y col, 1979)

Además de los factores mencionados, también la fase fisiológica parece afectar a la composición del cuerpo magro de las ovejas (Sykes, 1974; Robinson y col, 1978; Foot y col, 1979) en el sentido de un mayor porcentaje de agua en el cuerpo magro a final de gestación y fundamentalmente, en lactación respecto a otras fases fisiológicas. La variación de la composición del cuerpo magro con la fase fisiológica, se debe reflejar en la relación entre el porcentaje de lípidos y agua, pero el único trabajo hallado en la bibliografía que estudia el efecto fase sobre dichas relaciones es el publicado por Roberts y Coward en 1986, los cuales trabajando con ratas, encuentran diferencias significativas entre secas y lactantes.

El rango de variación de la composición del cuerpo magro entre ovejas en distinta fase es, sin embargo, pequeño, como ocurre con las variaciones debidas al grado de engrasamiento. Así, Farrell y Reardon (1972) obtienen un porcentaje de agua en el cuerpo magro de 73,4 y 72 p.100 en animales magros y grasos respectivamente y Foot y col. (1979) de 76,0 y 74,0 p.100 en ovejas lactantes y secas respectivamente. Rattray y col (1974b) obtienen unos valores de porcentaje de agua del cuerpo magro de 72,5 p.100 para ovejas no gestantes alimentadas "ad libitum", de 74,9 p.100 para ovejas gestantes alimentadas a 1,5 veces las necesidades de mantenimiento y de 75,0 p.100 en ovejas gestantes alimentadas a 2 veces las necesidades de mantenimiento, siendo la media de  $74,9 \pm 0,06$  en un total de 139 ovejas.

Tal vez más importante que las variaciones debidas al grado de engrasamiento o a la fase fisiológica, sean las variaciones que se pueden encontrar entre animales de la misma raza, grado de engrasamiento y fase fisiológica, como señalan Foot y col. (1979), los cuales encuentran variaciones individuales en el porcentaje de agua en el cuerpo magro de 4 unidades porcentuales.

En cualquier caso, y aún teniendo en cuenta la variación que puede ser introducida por los factores considerados anteriormente o las variaciones individuales, las ecuaciones del cuadro 5 muestran que conocida la cantidad de agua del cuerpo de las ovejas y su peso vivo o peso vivo vacío, se puede predecir su contenido en lípidos con una elevada precisión.

Numerosos autores, basándose en la función (3), han establecido ecuaciones de predicción del contenido en lípidos del cuerpo de las ovejas, en distintas fases de su ciclo reproductivo, a partir del peso del animal y de su contenido en agua.

El PVV y el agua del cuerpo vacío explican más del 92 p.100 de la variación del contenido en lípidos del cuerpo (cuadro 6), pudiéndose predecir éste con un coeficiente de variación que varía entre el 3 y 15 p.100 dependiendo de los autores, valores muy inferiores a los obtenidos cuando se utiliza el peso vivo vacío como única variable independiente (ver cuadro 4). Únicamente la ecuación obtenida por Sykes (1974) con 21 ovejas lactantes presentó un coeficiente de variación anormalmente elevado, debido a que éstos animales se encontraban en un grado de emaciación extrema (0,880 kg. de grasa total).

El considerar el cuerpo del animal entero, utilizando como variables predictoras el PV y el agua del cuerpo total (cuadro 7) no afecta prácticamente a la relación en cuanto a su precisión, como se observa al comparar ambos cuadros, a pesar de que las ecuaciones incluyen animales con pesos de contenido digestivo muy variables. Sólo Smith y Sykes (1974) encuentran ajustes claramente superiores al utilizar PVV y ACV en lugar de PV y ACT como predictores del contenido en lípidos.

Tissier y col. (1983) y Bocquier y Theriez (1984) encuentran que la relación biológica entre la grasa del cuerpo y el peso y el contenido en agua varía con la fase fisiológica e indican que esto puede ser debido posiblemente a la presencia del feto y anexos en las gestantes y al peso de la ubre y contenido en agua de ésta en las lactantes, por lo que sería necesario establecer distintas ecuaciones de regresión para cada fase fisiológica.

Dado que los lípidos son los que en mayor medida contribuyen a la variación del contenido en energía del cuerpo, éste también se puede predecir con una elevada precisión a partir del peso vivo y del contenido en agua del cuerpo (cuadro 8). Cuando la predicción se establece en base al peso del animal únicamente, los coeficientes de variación obtenidos son también más elevados (11-18 p. 100) que cuando se introduce el agua del cuerpo como segunda variable independiente (del 2 al 10 p.100). Las ecuaciones presentaron en ambos casos mejores ajustes a los obtenidos en la estimación de los lípidos.

CUADRO 6 .- PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN GRASA DEL CUERPO VACIO (KG) A PARTIR DEL PESO VIVO VACIO (PVV, KG) Y EL AGUA DEL CUERPO VACIO (ACV, KG), EN GANADO OVINO.

referencias	animales		ordenada origen	coef. regres.		R <sup>2</sup>	RSD	C. V. (H. 100)
	nº	fase		PVV	ACV			
Sykes (1974)	16	secas	- 1,324	0,74	- 0,94	0,920	0,610	8,24
Sykes (1974)	21	lactante	- 0,275	0,38	- 0,51	0,500	0,541	61,48
Smith y Sykes (1974)	8	vacía	1,725	1,05	- 1,52	0,980	0,220	3,86
Foot y col (1979)	62	lact. y secas	- 2,37	0,911(e)	- 1,104	0,992	0,520	7,94
Foot y col (1979)	35	lactante	- 1,87	0,900(e)	- 1,104	0,990	0,572	15,98
Tissier y col (1983)	38	varias fases	S(*)	0,955	- 1,177	0,955	0,458	3,66
Bocquier y Theriez (1984)	43	varias fases	S(**)	0,947	- 1,777	---	0,673	6,19
Castrillo y col (1984)	87	corderos	- 0,155	0,843	- 1,076	0,970	0,261	5,10

(\*) Diferentes ordenadas en el origen entre fases. S= -1,873 para ovejas secas; -0,938 para gestantes; -2,166 y -2,115 para ovejas en la primera y sexta semana de lactación.

(\*\*) Diferentes ordenadas en el origen entre fases. S= -2,370 para ovejas secas; -1,740 para ovejas en la primera semana de lactación y -1,530 para ovejas a los 42 días de lactación (e) PVV esquilado.

CUADRO 7.- PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN LÍPIDOS (Kg) A PARTIR DEL PESO VIVO(PV, Kg) Y EL AGUA DEL CUERPO (ACT, Kg), EN GANADO OVINO.

referencias	nº	animales fase	ordenada origen	coeficientes PV	regresión ACT	r	RSD	c.v.
Foot y Greenhalgh (1970)	25	gest. y vacías	-2,600	0,892	-1,034	--	0,560	--
Foot y Greenhalgh (1970)	32	gest. y vacías	-6,380	0,794	-0,802	0,99	0,450	--
Sykes (1974)	16	vacías	-1,497	0,670	-0,790	0,90	0,692	9,35
Sykes (1974)	21	lactantes	-0,825	0,340	-0,410	0,48	0,554	62,95
Smith y Sykes (1974)	8	--	-9,990	1,050	-1,100	0,88	1,040	18,25
Foot y col. (1979)	62	lact. y secos	-1,360	0,866(e)	-1,050	0,99	0,590	9,01
Foot y col. (1979)	35	lactantes	1,100	0,844(e)	-1,026	0,99	0,612	17,09
Cowan y col. (1979)	11	lactantes	-7,060	0,890	-1,040	--	0,700	15,57
Cowan y col. (1980b)	21	lactantes	-2,580	1,001(e)	-1,234	--	0,830	8,32
Tissier y col. (1983)	38	varias	S(1)	0,937	-1,125	0,99	0,580	4,63
Tissier y col. (1983)	152	varias	-1,850	0,931	-1,136	0,98	0,938	--
Bocquier y Theriez (1984)	43	lact. y secos	S(2)	0,932	-1,113	--	0,557	5,12
Castrillo y col. (1984)	87	crecimiento	-0,054	0,837	-1,057	0,96	0,299	5,90

(1) Diferentes ordenadas en el origen. S = -1,990 Kg para ovejas secas; -2,534 para gestantes; -3,631 y -2,791 para ovejas en la primera y sexta semana de lactación, respectivamente.

(2) Diferentes ordenadas en el origen. S = -3,316 para ovejas secas; -2,750 para ovejas en la primera semana de lactación y -2,507 para ovejas a los 42 días de lactación.

(e) PV esquilado

CUADRO 8.- ECUACIONES DE PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN ENERGÍA DEL CUERPO (Mcal), EN GANADO OVINO.

referencias	animales		ordenada	origen	coefic. regresión			R <sup>2</sup>	RSD	c. v. (p.100)
	nº	especie			PYY	PY	ACT			
Reid y col (1968)	221	crecimiento	-	59,692	4,924	---	---	0,935	---	16,29
Doize y col (1979)	15	vacías y secas	-	135,630	5,855	---	---	0,916	34,81	17,89
Castrillo y col (1984)	87	crecimiento	-	20,430	3,406	---	---	0,773	8,30	11,20
Tissier y col (1983)	38	varias fases	-	12,720	---	9,137	- 10,349	0,985	7,782	4,96
Castrillo y col (1984)	87	crecimiento	-	0,957	---	8,781	- 10,160	0,984	2,260	3,10

El contenido en proteína del cuerpo está estrechamente relacionado con el peso del animal y, la introducción del contenido del agua como segunda variable independiente no incrementa de forma significativa la seguridad de su predicción (Donnelly y Freer, 1974; Robelin, 1975; Foot y col. 1979; Trigg y col. 1978, Tissier y col. 1983). El contenido en proteína puede ser predicho a partir del PV o del PVV con un coeficiente de variación que varía entre el 4 y 11 p.100 según los autores (cuadro 9).

#### 2.2.3.1.2.- Estimación del volumen hídrico del cuerpo a partir del espacio de difusión de un marcador.

El segundo principio en el que se basan los métodos de dilución es que el volumen hídrico del organismo puede ser estimado a partir del espacio de difusión o volumen en el que se difunde de forma homogénea el marcador después de un tiempo a partir de su infusión, momento que se denomina tiempo de equilibrio.

Para que una sustancia pueda utilizarse como marcador debe reunir una serie de requisitos (Dumont, 1958; Haxhe, 1965; Robelin, 1973):

- a) Difundirse de forma rápida y homogénea en todas los espacios hídricos del cuerpo y sólo en ellos.
- b) No ser metabolizable por el animal ni sufrir alteraciones en su paso por el organismo.
- c) Eliminarse lentamente, para que su concentración sea apreciable una vez alcanzado el equilibrio.
- d) Que su determinación cuantitativa en las muestras de fluidos orgánicos sea simple y precisa.
- e) Que no sea nociva para el animal

Si cumple estas condiciones, puede estimarse la cantidad o volumen de agua de un animal conociendo la evolución de la concentración del marcador con el tiempo después de la infusión de una determinada cantidad, generalmente por vía intravenosa, (figura 3).



CUADRO 9.- RELACION ENTRE EL CONTENIDO EN PROTEINA Y EL PESO DE LOS ANIMALES, EN GANADO OVINO.

<u>referencias</u>	<u>animales</u>		<u>ordenada</u> <u>origen</u>	<u>coef. regresión</u>		<u>RSD</u>	<u>c. v. (p.100)</u>
	<u>nº</u>	<u>fase</u>		<u>PV</u>	<u>r<sup>2</sup></u>		
Farrell y Reardon (1972)	15		0,20	0,16	0,88	0,43	10,19
Donnelly y Freer (1974)	149		---	---	---	0,324	8,76
Trigg y col (1978)	18			0,011	0,812	0,275	6,91
Foot y col (1979)	46	lactantes y secas	0,748	0,119	0,69	0,529	7,03
Castrillo y col (1984)	87	crecimiento	0,140	0,143	0,933	0,201	4,2

<u>referencias</u>	<u>animales</u>		<u>ordenada</u> <u>origen</u>	<u>coef. regres.</u>		<u>RSD</u>	<u>c. v. (p.100)</u>
	<u>nº</u>	<u>fase</u>		<u>PVV</u>	<u>r<sup>2</sup></u>		
Reid y col (1968)	221	crecimiento	1,199	0,119	0,924	---	8,46
Rattray y col (1974b)	141	gestación y vacías	2,97	0,084	0,723	0,459	5,83
Doize y col (1979)	15		2,46	0,10	0,808	0,96	11,79
Cowan y col (1979)	11	lactación	4,92	0,10	---	0,500	5,48
Castrillo y col (1984)	87	crecimiento	0,155	0,167	0,935	0,198	4,10

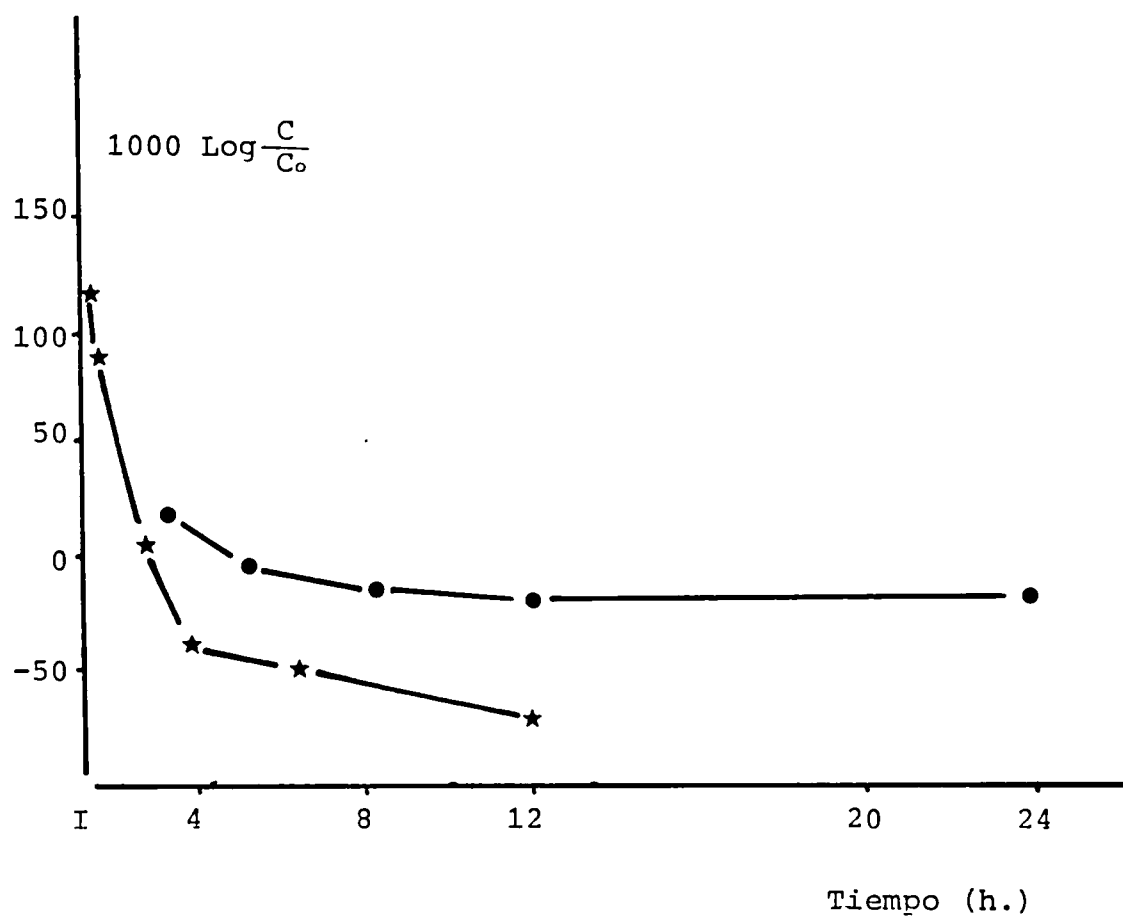


Figura 3.- Curva de eliminación del óxido de deuterio (Robelin, 1977).  
 ( $C$  y  $C_0$ , concentraciones del  $D_2O$  en el plasma en el  
 tiempo  $t$  y  $t_0$ ; ●, ovino; ★, vacuno).

Cuando se infunde un marcador por vía venosa, su concentración en el agua de la sangre experimenta un marcado descenso hasta el momento de alcanzar el equilibrio, que viene determinado fundamentalmente por su difusión a otros espacios hídricos, aunque también contribuye a tal descenso su eliminación por distintas vías (excretas, sudor, agua espirada).

Una vez alcanzado el equilibrio, esto es, su completa homogeneización con el agua corporal, el volumen de ésta vendrá dado por la relación  $Q/C_{eq}$ , siendo  $Q$  la cantidad de marcador presente en el organismo en este tiempo y  $C_{eq}$  su concentración en el agua plasmática, reflejo de la concentración teórica en el agua corporal total. En la práctica, podemos conocer  $C_{eq}$ , mediante análisis de muestras tomadas en ese momento y  $Q_0$  o cantidad de marcador infundido, por lo que el volumen estimado  $Q_0/C_{eq}$  sobreestima al volumen real debido a las pérdidas de marcador que han podido tener lugar hasta este momento y que dependen, como veremos más adelante al referirnos al agua marcada, del "turnover" o tasa de renovación del agua del organismo.

A partir del momento en que se alcanza el equilibrio, la concentración del marcador en el agua plasmática o de cualquier fluido orgánico sigue experimentando un descenso, aunque más suave, motivado exclusivamente por la pérdida de marcador. Una vez alcanzado el equilibrio en el agua del cuerpo, la evolución de la concentración del marcador se ajusta a una función exponencial:

$$(6) C = C_0 e^{-kt}$$

que en forma semilogarítmica resulta en una función lineal:

$$(7) \ln C = \ln C_0 - kt$$

en la que  $C_0$  representaría la concentración del marcador en el momento de la infusión, si la difusión hubiese sido inmediata y asumiendo que la tasa de eliminación entre infusión y equilibrio es idéntica a la existente posteriormente;  $t$  presenta el tiempo transcurrido desde la infusión y  $k$  es una constante que representa el ritmo fraccional de eliminación del marcador o proporción de la cantidad presente en un cierto momento que es eliminada por cada unidad de tiempo.

A partir de la ecuación (6) se puede estimar la vida media del marcador (T) entendida como el tiempo que tarda en eliminarse la mitad del marcador infundido, esto es, en hacerse la concentración igual a  $C_0/2$ .

$$(8) \quad C_0/2 = C_0 e^{-kT} \quad - \ln 2 = -kT$$

$$T = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0.693}{k}$$

Así mismo, puede calcularse el "turnover" o "tasa de renovación" del agua ( $\alpha$ ), que representa la cantidad de agua renovada por unidad de tiempo ( $\alpha = k \times V$ , siendo V el volumen total de agua del organismo).

La función (6) se deriva de considerar que la variación de la cantidad de marcador presente en el volumen hídrico del cuerpo ( $dQ/dt$ ) es función de la velocidad con que desaparece o es eliminada del agua corporal ( $dE/dt$ ), suponiendo que la infusión es única y el marcador cumple los requisitos ya mencionados (Robelin, 1973).

Teniendo en cuenta que:

a)  $Q = C \times V$ , si se considera un volumen de agua constante;

$dQ = V \times dC$ , y por consiguiente:

$$dQ/dt = V \frac{dC}{dt}$$

b) La velocidad con que el marcador es eliminado del agua corporal es proporcional a la cantidad de agua que se renueva por unidad de tiempo ( $\alpha$ ) y a la concentración, por lo que:

$$dE/dt = -\alpha \cdot C$$

Por lo tanto, a partir de la primera premisa y atendiendo a los puntos a y b se deduce que:

$$V \frac{dC}{dt} = -\alpha \cdot C, \text{ de donde:}$$

$$\frac{dC}{C} = -\frac{\alpha}{V} dt \quad \text{e integrando se obtiene:}$$

$$C = C_0 e^{-\alpha/V \times t} \quad \text{y teniendo en cuenta que:}$$

$$\frac{\alpha}{V} = k, \text{ se deduce la función (6):}$$

$$C = C_0 e^{-kt}$$

#### 2.2.3.2.- Marcadores utilizados.

Numerosas sustancias han sido empleadas como indicadores para la medida del agua corporal: urea, thiourea, sulfanilamida, antipirina y derivados, agua pesada y tritiada, entre otras. Debido a que su forma de empleo, utilidad e inconvenientes han sido estudiados de forma exhaustiva en numerosas revisiones (Dumont, 1958; Castrillo, 1975; Purroy, 1978), haremos una breve reseña de algunas de estas sustancias, centrándonos fundamentalmente en los siguientes apartados en el empleo del agua marcada.

##### UREA

Ha sido utilizada en rumiantes con cierto éxito (Preston y Kock, 1973; Meissner, 1976; Kock y Preston, 1979). Si bien Meissner y col. (1980a) consideran que es tan buen predictor de la composición corporal como el tritio, presentando la ventaja de no ser radiactiva, no parece aconsejable en rumiantes ya que es reciclada en proporciones considerables en el tracto digestivo, donde puede ser utilizada para la síntesis de proteína microbiana.

##### THIOUREA

Utilizada inicialmente por Chelsey, 1944 y Williams y Kay, 1945, se ha puesto en duda la homogeneidad de su difusión en el agua corporal.

### SULFANILAMIDA

Propuesta como indicador por Painter (1940) ha sido poco utilizada debido a que se conjuga en el hígado a acetilsulfanilamida, la cual se une facilmente con las proteínas formando un compuesto de distribución irregular.

### ANTIPIRINA (AP)

Soberman y col. (1949) inician el uso de la antipirina para la estimación del agua corporal en perro y hombre. Brodie y col. (1949) describen el método para determinar la concentración de antipirina en muestras biológicas y posteriormente es modificado por Wellington y col. (1956).

Kraybill y col. (1951) aplican el método por primera vez en ganado vacuno. En cabras es utilizado por Panaretto y Reid (1963) y en ovino por Dumont (1955), Garret y col. (1959) y Bensadoun y col. (1968), entre otros. Recientemente ha sido utilizado por Siddique y Raghavan (1984) en ganado vacuno. Sus principales inconvenientes son la posible falta de homogeneidad en su distribución en el volumen hídrico del cuerpo, y su rápida y variable velocidad de eliminación.

### 4 - AMINO -ANTIPIRINA

Presenta respecto a AP las ventajas de una dosificación más simple y precisa y su distribución más uniforme (Huckbee, 1956), sin embargo estas ventajas no se verifican para todas las especies.

### N - ACETIL 4 AMINO - ANTIPIRINA (NAAP)

Su uso lo propuso Brodie y col. (1951) y ha sido utilizada posteriormente por Reid y col. (1957), Whiting y col. (1960), Panaretto y Till (1963) y Panaretto y Reid (1963), entre otros, quienes señalan que presenta frente a AP la ventaja de una menor velocidad de eliminación. Sin embargo, las medidas del volumen hídrico con este marcador resultan inferiores a las obtenidas con AP posiblemente por su escasa difusión en el agua del contenido digestivo.

Otras sustancias como el tiocianato, el cual fué utilizado inicialmente por Crandall y Anderson (1934), y posteriormente por Bowler (1944), y el etanol, descrito por Leopky y col. (1977), han sido también utilizadas para el cálculo del volumen hídrico del cuerpo.

#### AGUA MARCADA

El agua marcada (agua tritiada y agua pesada u óxido de deuterio) es considerada como el mejor marcador para la medida del agua corporal por el método de los espacios de difusión. Robelin (1973) en una revisión sobre estos marcadores, señala que las razones para ello se basan en la identidad de sus propiedades químicas y biológicas con el agua, y en que presentan escasos problemas, dadas las bajas dosis empleadas.

Los primeros investigadores que propusieron el uso del óxido de deuterio para la medida del agua corporal fueron Hevesy y Hofer en 1934 y McDougall y col. (1934). El uso del agua tritiada se desarrolló posteriormente a partir de los trabajos de Pinson (1952) y Leibman y col. (1960). En concreto, el óxido de deuterio ( $D_2O$ ) presenta la ventaja de no ser radiactivo, evitándose el problema que podría plantear su eliminación del cuerpo de los animales y sus excretas. No es tóxico, únicamente se ha observado toxicidad con niveles superiores al 20 p. 100 (Mendez y Prokop, 1970), permitiendo conservar y comercializar los animales utilizados sin precauciones particulares. El principal inconveniente es su elevado coste.

Numerosos autores han empleado tanto el agua tritiada (Panaretto, 1963, 1968; Searle, 1970; Farrell y Reardon, 1972; Smith y Sykes, 1973; Doize y col., 1979; Foot y col., 1979) como el óxido de deuterio (Foot y Greenhalgh, 1970; Purroy, 1978; Cowan y col., 1979, 1980b; Tissier y col., 1983; Castrillo y col., 1984; Arnold y col., 1985) como predictores del volumen de agua del cuerpo en ovino y vacuno.

#### 2.2.3.3.- Estimación del volumen de agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del agua marcada.

En primer lugar haremos referencia a la metodología empleada en la infusión y dosificación del marcador, centrándonos en el óxido de deuterio por ser el marcador utilizado en el trabajo experimental.

Generalmente la infusión del óxido de deuterio se realiza por vía yugular con ayuda de un catéter. Excepto en los trabajos realizados por Foot y Greenhalgh (1970), Robelin (1977), Tissier y col. (1983) y Castrillo y col. (1984), los animales habían sido sometidos a periodos de ayuno de 2 a 72 horas previos a la inyección del marcador y de 7 a 10 horas después de la infusión, con el fin de reducir la variabilidad del contenido del aparato digestivo, pero con el inconveniente de modificar el ritmo nictameral de ingestión y alterar la producción de leche en los animales lactantes, así como provocar disturbios nutritivos (toxemia de gestación). La dosis empleada depende del método empleado para la determinación de la concentración del marcador en los distintos fluidos orgánicos.

Entre los métodos empleados para la determinación del óxido de deuterio en los fluidos orgánicos se encuentran el de la medida del punto de congelación de la mezcla agua/agua pesada (Reaser, 1958), la medida de la densidad de la mezcla agua/agua pesada (Schloerb y col. 1950), la espectrometría de masa (Washburn y col. 1953), y la cromatografía de gases (Arnett y Duggleby, 1963). El método más utilizado ha sido el de espectrofotometría de infrarrojos. Refiriéndonos a este último método las dosis empleadas varían entre 0,6 y 1 g/Kg de peso vivo que corresponde a concentraciones de 0,75 a 1,00 p. 1000 en el agua de la sangre (Foot y Greenhalgh, 1970; Purroy, 1978; Cowan y col. 1979; 1980b; Tissier y col. 1983; Castrillo y col. 1984; Bocquier y Theriez, 1984), mientras que distintos investigadores norteamericanos infunden dosis inferiores (0,2 - 0,3 g/Kg de peso vivo) (Odwongo y col., 1984; Arnold y col., 1985), debido a un aumento de la precisión en el análisis de la concentración de óxido de deuterio en sangre, según el método propuesto por Byers (1979a), basado también en espectrofotometría de infrarrojos, pero en el que se



controla estrictamente la temperatura de la muestra durante la lectura.

Previamente a la determinación de la concentración del  $D_2O$ , es necesaria la purificación de los fluidos orgánicos para la extracción del agua de las muestras. Esta se ha llevado a cabo mediante destilación al calor, método descrito por Turner y col. (1960) y utilizado por Foot y Greenhalgh (1970) y Cowan y col. (1979, 1980b) entre otros, o por liofilización, como describen Tissier y col. (1978) y Byers (1979a), y utilizada por distintos autores franceses y norteamericanos.

Una vez infundida el agua marcada, se difunde en pocos minutos en la sangre y fluido extracelular y penetra más lentamente en el espacio intracelular. La duración total de su difusión en el organismo varía con las especies consideradas, siendo para pequeñas especies y monogástricos en general entre 30 y 180 minutos, y mucho más larga para rumiantes (hasta 480 minutos, ver cuadro 10) ya que el compartimento digestivo complica la difusión (Robelin, 1973). La difusión es muy homogénea en los diferentes compartimentos hídricos (Edelman, 1952; Till y Downes, 1962). Foot y Greenhalgh (1970) en 6 ovejas y 10 compartimentos hídricos diferentes, observaron que las diferencias medias eran inferiores al 3 p. 100 de la concentración del marcador en el plasma después del equilibrio.

El método de cálculo del espacio de difusión del marcador varía según los autores, pero en cualquier caso se encuadra en uno de los dos métodos descritos en el apartado 2.2.3.1.2., esto es, a partir de la concentración puntual del marcador una vez que ha alcanzado el equilibrio en el agua del cuerpo o a partir de la función descrita por la curva de eliminación del marcador en el tiempo. El primer método ha sido empleado considerando una toma única, generalmente entre las 6 y 16 horas post-infusión (Panaretto, 1963; Panaretto y Till, 1963; Carnegie y Tulloh, 1968; Keenan y col., 1969; Searle, 1970; Foot y Greenhalgh, 1970; Little y Morris, 1972; Foot y col., 1979) o bien considerando una concentración media calculada a partir de dos o tres tomas registradas a distintas horas próximas al equilibrio (Farrell y Reardon, 1972; Trigg y col., 1978; Cowan y col., 1979, 1980b).

CUADRO 10. - TIEMPO QUE TARDA EL AGUA MARCADA (DEUTERIO-D<sub>2</sub>O O TRITIO - TOH) EN ALZANZAR EL EQUILIBRIO CON EL AGUA CORPORAL.

<u>referencias</u>	<u>especie</u>	<u>marcador</u>	<u>tiempo de equilibrio (h.).</u>
Till y Downes (1962)	ovino	TOH	5
Morris y col (1962)	ovino	TOH	6
Searle (1970)	ovino	TOH	4
Foot y Greenhalgh (1970)	ovino	D2O	6
Smith y Sykes (1974)	ovino	D2O	8
Foot y col (1979)	ovino	TOH	7
Cowan y col (1980b)	ovino	D2O	2,5-8
Tissier y col (1983)	ovino	D2O	4-6
Arnold y col (1985)	ovino	D2O	3-4
Aschbacher y col (1965)	vacuno	TOH	6
Carnegie y Tulloh (1968)	vacuno	TOH	8
Little y Morris (1972)	vacuno	TOH	8-10
Sekhar y col (1980)	vacuno	TOH	4-6
Chigaru y Topps (1981)	vacuno	TOH	6

El segundo método se ha basado generalmente en la estimación de la concentración teórica del marcador en el momento de la infusión, por extrapolación de la curva de eliminación obtenida a partir del equilibrio (Purroy, 1978; Tissier y col., 1983; Castrillo y col., 1984; Bocquier y Theriez, 1984; Brown y Taylor, 1986). No obstante, también se han utilizado modelos multiexponenciales con el fin de diferenciar la posible existencia de distintos compartimentos hídricos.

Byers (1979b) ha desarrollado un modelo descrito como modelo cinético de dos compartimentos cuyo cálculo se basa en concentraciones del marcador en el agua del cuerpo obtenidas antes y después del equilibrio y permite diferenciar dos distintas distribuciones del marcador en el agua del cuerpo y por tanto distinguir entre dos compartimentos, uno que representaría el agua en el cuerpo vacío y otro el del tracto gastrointestinal. Este método ha sido empleado por McCarthy y col. 1983; Thompson y col. 1983; Ferrell y Jenkins, 1984 y por Arnold y col. (1985) quienes evalúan incluso el uso de un modelo de múltiples compartimentos referido por Shipley y Clark (1972) en el cual se distinguen tres compartimentos, el del agua extracelular, intracelular y el del agua del contenido gastro-intestinal, similar al presentado por Wagner (1975). Dado los resultados obtenidos por Arnold y col. (1985), estos modelos no parecen mejorar la precisión de la predicción del agua corporal, respecto al modelo de un único compartimento.

El espacio de difusión del agua marcada sobreestima el volumen real del agua del cuerpo (cuadro 11). La sobreestimación varía entre un 2 y un 15 p. 100 según los autores (dejando a parte el 31 p. 100 encontrado por Odwongo y col. 1984 al cual haremos referencia a continuación), siendo la media próxima al 6 p. 100. Unicamente Trigg y col. (1978) encuentran una subestimación del volumen real de agua a partir del espacio de TOH. Valores similares a los que figuran en dicho cuadro han sido obtenidos en animales en crecimiento por Robelin (1982) y Arnold y col. (1985) en vacuno (3,2 y 6,4 p. 100, respectivamente).

CUADRO 11.- RELACION ENTRE EL AGUA CORPORAL DETERMINADA AL SACRIFICIO (A) Y EL ESPACIO DE DIFUSION DEL AGUA MARCADA.

referencias	nº	animales especie	PV	marcador	método cálculo (1)	sobrees- timación (2)	r	c.v.
Panaretto (1963)	9	ovina	24-77	TOH	Ceq	3,0	0,986	2,30
Panaretto (1963)	10	caprina	10-40	TOH	Ceq	3,2	0,996	2,00
Panaretto (1968)	15	ovina	29-91	TOH	Ceq	4,0	0,994	2,00
Carnegie y Tullon (1968)	26	vacuna	62-355	TOH	Ceq	15,0	--	7,00
Keenan y col. (1969)	26	ovina	26-34	TOH	Ceq	7,0	--	--
Searle (1970)	61	ovina crecimiento	4-46	TOH	Ceq	5,7	0,994	2,40
Foot y Greehalgh (1970)	14	ovina gestante	54-90	D20	Ceq	3,0	0,869	3,70
Little y Morris (1972)	8	vacuna	--	TOH	Ceq	--	0,988	3,08
Farrell y Reardon (1972)	24	ovina	35	TOH	Cx	11,0	--	--
Purroy (1978)	19	ovina lact. y secas	58	D20	Co	5-6	0,937	3,22
Purroy (1978)	7	ovina gestantes	69	D20	Co	5-6	0,968	3,70
Trigg y col. (1978)	18	ovina	27-34	TOH	Cx	-4,6	--	--
Trigg y col. (1978)	18	ovina	27-34	D20	Cx	2,4	--	--
Foot y col. (1979)	25	ovina lactantes	59-63	TOH	Ceq	12,9	0,903	2,80
Doize y col. (1979)	15	ovina	44-94	TOH	Ceq	5,7	0,939	5,56
Tissier y col. (1983)	38	ovina varias fases	38-69	D20	Co	5,7	0,939	3,80
Odwongo y col. (1984)	14	vacuna varias fases	90-562	D20	Co	0,3-31	0,992	--
Bocquier y Theriez (1984)	43	ovina lact. y secas	55-62	D20	Co	--	--	4,00

(1) Ceq = Concentración puntual al equilibrio; Cx = Concentración media obtenida en 2 ó 3 tomas próximas al momento de equilibrio; Co = Concentración teórica inicial, estimada por extrapolación de la curva de eliminación del marcador.

(2) Sobreestimación = (Espacio de difusión - Agua determinada al sacrificio)/ Agua determinada al sacrificio.

Odwongo y col. (1984) en vacuno encuentran una relación entre el agua y el espacio de difusión del  $D_2O$  de tipo exponencial:  $ED_{D_2O} = 0,667 \text{ TBW}^{1,105}$  y a partir de ella deducen que un incremento en el agua corporal del 100 p. 100 resulta en un incremento en el espacio del  $D_2O$  de 110,5 p. 100 y por tanto señalan que la sobreestimación es de + 10,5 p. 100. A nuestro entender, esta interpretación de la ecuación es errónea ya que al ser una relación exponencial, la sobreestimación (p. 100) será mayor cuanto mayor sea el contenido en agua del cuerpo. De hecho, revisando los datos, se observan sobreestimaciones que oscilan entre prácticamente 0 p. 100, en los animales más jóvenes con aproximadamente 63 Kg de agua corporal, al 31 p. 100 en vacas adultas de más de 300 Kg de contenido en agua. Chigaru y Holness (1983), empleando agua tritiada (TOH), señalan que el grado de sobreestimación varía con la raza y con la edad de los animales. Los animales de raza Hereford sacrificados a las 19 meses de edad presentaron mayor sobreestimación ( $20,4 \pm 8,11$  p. 100) que los animales de raza Mashona sacrificados a los 9 meses ( $2,4 \pm 4,20$  p. 100).

Dicha sobreestimación es debida a distintos factores. La dilución del isótopo durante la ingestión de alimento y/o agua y la pérdida de marcador por heces y orina, especialmente en animales que no ayunan antes y/o durante la recogida de muestras, sería una de las causas cuando el espacio de difusión se calcula a partir de la concentración registrada en un determinado momento después del equilibrio, y por consiguiente varias horas después de la infusión. Smith y Sykes (1974) cuantifican la pérdida por orina del marcador a lo largo de 8 horas en un 1,49 p. 100. También existirían pérdidas cutáneas y respiratorias, aunque cuantitativamente son de escasa importancia. Foot y Greenhalgh (1970) y Till y Downes (1962) las estiman en menos de 1 p. 100 a lo largo de 24 horas.

A pesar de que como se ha comentado, es inevitable cierta sobreestimación del volumen del agua del cuerpo, ésta podría reducirse estimando el espacio de difusión a partir de la concentración inicial teórica del marcador, ya que cuando se calcula a partir de la concentración al equilibrio, no se tiene en cuenta las pérdidas de agua que se producen durante la difusión del marcador, es decir durante las 6 - 7 horas posteriores a la infusión. Foot y col. (1979) obtienen una diferencia de alrededor

del 6 p. 100 en valor relativo, entre el espacio de difusión del agua tritiada calculado por extrapolación y el calculado a partir de la concentración registrada en sangre a las 7 horas post-infusión.

No obstante, algunos autores (Searle, 1970; Doize y col., 1979) obtienen sobreestimaciones que no superan el 6 p. 100, siendo éstas muy similares a las encontradas por los autores que utilizan la concentración en el momento de la infusión (Purroy, 1978; Tissier y col., 1983). Esto puede ser debido a que el método de la extrapolación al tiempo cero, presenta el inconveniente de una diferencia notable en horas entre el momento de obtención del espacio de difusión y la determinación del volumen real de agua al momento del sacrificio (lo que no ocurre en el caso anterior en que los animales se sacrifican inmediatamente después de la toma de muestras), observándose la existencia de diferencias de peso en este intervalo de tiempo entre ambas mediciones, generalmente en el sentido de una pérdida entre la inyección y el sacrificio, probablemente debida al stress que sufren los animales en su manipulación durante el periodo experimental, y que reflejan fundamentalmente variaciones en el contenido en agua del aparato digestivo, y por tanto en el contenido en agua total

Estas pérdidas de marcador durante la difusión y posterior eliminación dependen de la tasa de renovación del agua, la cual varía con distintos factores. Entre ellos, y fundamentalmente, el estado fisiológico. Cowan y col. (1980b) obtuvieron una tasa de renovación del agua corporal de 5,6, 9,3, 7,9 y 12,5 Kg/día en ovejas secas y vacías, a las 136 días de gestación, a los 3 días post-parto y en ovejas a los 42 días de lactación, respectivamente. La vida media del marcador varió entre 6,3 días para los primeros a 2,9 días en ovejas a final de lactación. Otros autores, previamente, habían constatado que la tasa de renovación es de un 25 a un 50 p. 100 mayor en lactación que en otras fases del ciclo reproductivo del animal (McFarlane y Howard, 1972; Degen, 1977; Houseman y col. 1978; Foot y col. 1979).

También el plano de alimentación y nivel de producción (número de fetos gestados y/o criados y la producción de leche) pueden afectar a la tasa de renovación del agua (Siebert, 1971; Cowan y col. 1980b; Foot y col. 1979). No obstante, la

información que se tiene de ellos es demasiado escasa para ser conclusiva.

Recientemente Chaiyabutr y col. (1986) han encontrado que la tasa de renovación es significativamente mayor en los animales expuestos a un stress de calor que en condiciones normales, reduciéndose la vida media desde 3,65 días a 2,05 días.

Distintos autores (Donnelly y Freer, 1974; Culebras y col. 1977; Culebras y Moore, 1977) señalan que parte de la sobreestimación vendría explicada por el intercambio entre el isótopo e iones de H no acuosos (procedentes principalmente de las proteínas). Culebras y Moore (1977) han calculado que el error que podría ser introducido en el método cuando todos los H no acuosos potencialmente disponibles se intercambiaran con el agua marcada, superaría el 5,2 p. 100. Sin embargo estos mismos autores, en otra publicación, (Culebras y col., 1977), concluyen que este máximo es prácticamente inalcanzable durante el corto periodo de tiempo utilizado para la determinación del espacio de difusión. Farrell y Reardon (1972) estiman que 0,2 p. 100 de la dosis inyectada puede ser intercambiada con el H de los componentes corporales.

A pesar de que el espacio de difusión del agua marcada sobreestime el volumen hídrico corporal, explica más del 90 p. 100 de la variación del agua del cuerpo (Cuadro 11) y los coeficientes de variación de la regresión del agua corporal en función del espacio de difusión varían del 2 al 7 p. 100, según los autores, siendo la media menor al 4 p. 100.

#### 2.2.3.4.- Predicción de la composición química y contenido energético del cuerpo a partir del espacio de difusión del agua marcada.

Dada la existencia de una relación entre el contenido en agua y lípidos del cuerpo vacío, que se ve escasamente afectada cuando se considera la composición del animal entero (con contenido digestivo) (apartado 2.2.3.1.1.), se puede esperar que la cantidad de lípidos esté relacionada con el espacio de difusión de un marcador en el agua del organismo (predictor del agua corporal total). De hecho, al relacionar el espacio de difusión del agua

marcada en tantos p. 100 del PV con el porcentaje de lípidos del cuerpo vacío, los coeficientes de correlación obtenidos para el TOH en los trabajos de Panaretto (1963, 1968), Panaretto y Till (1963) y Searle (1970) en ovino y caprino, oscilaron entre -0,92 y -0,99, muy similares a los obtenidos entre la grasa y el agua (Cuadro 6). Foot y Greenhalgh (1970), con ovino gestante, obtuvieron un coeficiente de correlación de -0,98 entre el espacio de difusión del óxido de deuterio y el contenido en lípidos expresado en porcentaje del PVV, algo inferior a los valores citados debido posiblemente a la retención de agua en el útero grávido de los animales. No obstante, y ya que las diferencias en el contenido en agua del aparato digestivo pueden representar una fuente de variación importante, se suele someter a los animales a un ayuno total o parcial, mientras que los autores que estiman el espacio de difusión a partir de la concentración en el momento de la infusión, permitiendo la libre ingestión de agua y alimentos, intentan normalizar las condiciones de determinación del espacio de difusión, con objeto de evitar las fluctuaciones del volumen del agua, tomando las muestras de sangre en las mismas horas del día con relación a la distribución de comida (Tissier y col., 1983; Castrillo y col., 1984).

En el cuadro 12 se presentan las ecuaciones de predicción del contenido en lípidos a partir del PV y del espacio de difusión del agua tritiada (TOH) y el óxido de deuterio ( $D_2O$ ) obtenidas por distintos autores. Es de destacar un incremento de los valores de RSD con respecto a los obtenidos en las ecuaciones de predicción a partir del agua determinada en el momento del sacrificio (cuadro 7). Los coeficientes de variación oscilan desde menos de un 10 p. 100 hasta más del 30 p. 100, dependiendo esencialmente del error en la estimación del contenido en agua del cuerpo

Sykes (1974) obtiene coeficientes de variación de 9,4 y 63,0 p. 100, en ovejas secas y lactantes respectivamente, cuando predice el contenido en lípidos a partir del peso de los animales y de su contenido en agua determinado en el momento del sacrificio, mientras que estos coeficientes fueron de 13,8 y 41 p. 100 cuando la predicción se realizó a partir del peso vivo y del espacio de difusión del agua tritiada. Smith y Sykes (1974), encuentran unos coeficientes de variación de 31,5 y 25,3 p. 100, cuando utilizan el espacio de difusión del agua tritiada al equilibrio o por extrapolación respectivamente, frente a un c.v. de 18,3 p. 100



obtenido con el contenido en agua real del cuerpo. Similarmente, Cowan y col (1979) encuentran un c.v. de 15,6 p. 100 cuando utilizan el agua determinada en el momento del sacrificio, en tanto que éstos fueron de 6,5 y 46,9 p. 100, para cada uno de los estadios de la lactación considerados, cuando sustituyeron éste por el espacio de difusión del  $D_2O$ . Cowan y col (1980b) en una ecuación conjunta ignorando los distintos estadios de lactación obtienen un c.v. de 36,1 p. 100 frente a 8,3 p. 100 obtenido cuando utilizaron el agua estimada al sacrificio.

Hay que señalar que estos autores, condideran una misma toma o tomas de sangre (4,6 h. post-infusión) para el cálculo del espacio de difusión, independientemente de la fase fisiológica en la que se encuentran los animales, a pesar de que observaron diferencias entre fases en la relación entre el agua determinada en el momento del sacrificio de los animales y el espacio de difusión.

Menores diferencias en la precisión de la estimación del contenido en lípidos del cuerpo, han sido obtenidas por otros autores, quienes calculan el espacio de difusión por el método de extrapolación a tiempo cero o de la infusión. Así, Tissier y col., (1983) obtienen un c.v. de 4,6 y 9,4 p. 100; Bocquier y Theriez (1984) de 5,1 y 13,8 p. 100 y Castrillo y col., (1984) de 5,9 y 12,7 p. 100, en las ecuaciones de predicción de los lípidos a partir del peso vivo y el agua real o el espacio de difusión del  $D_2O$ , respectivamente. Por lo que, si bien es verdad este aumento, en el coeficiente de variación, éste se sitúa en torno al 12 p. 100 en los trabajos que utilizan el espacio de difusión calculado a partir de la concentración teórica del marcador en el momento de la infusión, salvo en el realizado por Smith y Sykes (1974) (ver cuadro 12).

En cuanto al contenido en energía del cuerpo, son escasas las referencias bibliográficas encontradas que cuantifiquen la predicción de este componente a partir del PV y el agua corporal determinada al sacrificio, para poder comparar, como se ha hecho con la predicción del contenido en lípidos, la variación en la precisión cuando se sustitue el agua real por el espacio de difusión.

En cualquier caso, los resultados obtenidos por distintos autores y que figuran en el cuadro 13, indican que el peso del animal y el espacio de difusión permiten predecir el contenido energético del cuerpo con un c.v. que no supera el 10 p. 100.

Dado que el contenido en proteína del cuerpo es estimado con gran precisión a partir del PV o PVV de los animales (ver cuadro 9), es lógico pensar qque la introducción del espacio de difusión, no aumente de manera notable la precisión de este componente, aún cuando algunos autores han encontrado una mejor estimación con la utilización del espácio de difusión, junto al PV, en la predicción del contenido en proteína: Trigg y col (1978) obtienen unos c.v. de 6,9 y menores que 1 p. 100 y Farrell y Reardon (1972) de 10,2 y 4,0 p. 100 cuando utilizan el PV sólo a ambas variables predictoras, respectivamente.

De hecho, los resultados que figuran en el cuadro 14, indican que de media, la c.v. obtenidos son muy similares a los encontrados utilizando como variable predictora el peso del animal únicamente.

De todo ello se deduce que, el método de estimación "in vivo" de la composición química y energética del cuerpo, ofrece posibilidades de aplicación para detectar el efecto de diferentes tratamientos nutritivos sobre la composición corporal o el balance energético de los animales y puede ser útil para estudiar la variación de las reservas corporales en aquellos periodos, como la gestación y la lactación, en los que se puede ver seriamente afectado, siempre que se tenga en cuenta los factores de origen metodológico y fisiológico que puedan alterar la relación entre los lípidos, el peso, y el contenido en agua del cuerpo y la relación entre el agua del cuerpo y el espacio de difusión del agua marcada.

CUADRO 12.- ECUACIONES DE PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN LÍPIDOS DEL CUERPO A PARTIR DEL PESO VIVO (PV) Y EL ESPACIO DE DIFUSIÓN DEL AGUA MARCADA (ED) EN GANADO OVINO.

Referencias	Animales		marcador utilizado	Método de cálculo ED	Ordenada Origen	Coefic.Regresión				
	Nº	Fase				PV	ED	R2	RSD	CV (p.100)
Searle (1970)	21		ETOH	Ceq.	0,01	0,90	-1,05	0,976	0,570	--
Foot y Greenhalgh (1972)	7	gestante	ED20	Ceq.	-7,54	0,721	-0,663	0,99	0,620	6,0
Farrell y Reardon (1972)	8	seco y vacío	ETOH	Cx	-3,48	0,87	-0,81	0,98	0,21	2,1
	15		ETOH	Cx	0,39	0,60	-0,66	0,77	0,44	24,0
Sykes (1974)	16	seco	ETOH	Ceq.	-4,7	0,65	-0,64	0,77	1,018	13,76
	21	lactante	ETOH	Ceq.	-0,497	0,42	-0,53	0,77	0,361	41,02
Smith y Sykes (1974)	8		ETOH	Ceq.	-5,14	0,609	-0,576	0,64	1,80	31,5
	8		ETOH	Co	0,195	1,53	-1,53	0,76	1,44	25,3
Trigg y col (1978)	18		ED20	Cx	2,51	0,336	-0,428	0,63	0,746	19,6
	18		ETOH	Cx	0,44	0,740	-0,980	0,88	0,452	11,9

CUADRO 12. - (CONTINUACION) ECUACIONES DE PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN LÍPIDOS DEL CUERPO A PARTIR DEL PESO VIVO (PV) Y EL ESPACIO DE DIFUSIÓN DEL AGUA MARCADA

Referencias	Animales		marcador utilizado	Método de cálculo ED	Ordenada Origen	Coefic.Regresión		R <sup>2</sup>	RSD	CV (p.100)
	Nº	Fase				PV	ED			
Foot y col (1979)	10	lactante	ETOH	Ceq.	0,356	0,942	-1,296	0,99	0,658	9,4
	25	lactante	ETOH	Ceq.	-3,688	0,576	-0,592	0,87	0,667	30,6
Cowan y col (1979)	4	lactante inicio	ED20	Cx	-13,29	0,67	-0,42	----	0,600	6,52
	7	lactación final	ED20	Cx	-0,06	0,240	-0,29	----	0,850	46,89
Doize y col (1979)	15		ETOH	Ceq.	-4,035	0,928	-1,022	0,99	1,84	11,07
Cowan y col.(1980-b)	21	lactante	ED20	Cx	-12,73	0,626	-0,407	----	3,60	36,08
Tissier y col.(1983)	38		ED20	Co	-4,654	0,861	-0,911	0,97	1,178	9,4
Bocquier y Theriez.(1984)	43		ED20	Co	S(*)	0,854	-0,827	----	1,501	13,8
Castrillo y col.(1984)	77		ED20	Co	-0,139	0,635	-0,721	0,84	0,617	12,7

(\*) Diferentes ordenadas en el origen entre fases. S= -9,027 ovejas primera semana de lactación, -8,457 ovejas en la sexta semana de lactación y -7,167 para ovejas secas.

CUADRO 13. - ECUACIONES DE PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN ENERGÍA DEL CUERPO (Mcal) A PARTIR DEL PESO VIVO (PV) Y EL ESPACIO DE DIFUSIÓN DEL AGUA MARCADA, EN GANADO OVINO.

Referencias	Animales		marcador utilizado	Método de cálculo ED	Ordenada Origen	Coefic.Regresión		R <sup>2</sup>	RSD	CV (p. 100)
	Nº	Fase				PV	ED			
Keenan y col (1969)	23	secas	TOH	Ceq	-4,606	9,196	-10,09	----	3,10	----
Reardon (1969)	31	secas	TOH	Ceq	-8,19	9,499	-10,40	----	4,94	5,16
Searle (1970)	61	crecimiento	TOH	Cx	-0,130	8,54	-8,87	0,988	4,61	----
Farrell y Reardon (1972)	8	secas	TOH	Cx	-27,13	8,35	-6,97	0,98	1,91	1,55
Farrell y Reardon (1972)	15	secas	TOH	Cx	3,90	6,26	-5,97	0,83	4,07	9,94
Doize y col (1979)	15	secas	TOH	Ceq	-15,92	36,57	-38,99	0,993	14,44	7,42
Tissier y col (1983)	38	varias fases	D20	Co	-39,160	8,378	-8,153	0,197	10,75	6,86
Bocquiquier y Theriez (1984)	43	varias fases	D20	Co	S(*)	8,28	-7,33	----	-13,36	----

(\*) Diferentes ordenadas en el origen entre fases. S= -78,21 ovejas primera semana de lactación, -74,34 ovejas en la sexta semana de lactación y -61,10 para ovejas secas.

CUADRO 14. - ECUACIONES DE PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN PROTEÍNA DEL CUERPO (Kg) A PARTIR DEL PESO VIVO (PV) Y EL ESPACIO DE DIFUSIÓN DEL AGUA MARCADA, EN GANADO OVINO.

Referencias	Nº Animales	marcador	Método de	Ordenada	Coefic.Regresión				
		utilizado	cálculo ED	Origen	PV	ED	R2	RSD	CV (p.100)
Keenan y col (1969)	8	TOH	Cx	-0,619	0,098	0,057	---	0,22	---
Searle (1970)	61	TOH	Cx	0,007	0,050	0,139	0,96	0,27	---
Farrell y Reardon (1972)	8	TOH	Cx	1,02	0,050	0,12	0,98	0,060	1,11
	15	TOH	CX	0,06	0,130	0,04	0,88	0,17	4,03
Trigg y col (1978)	18	D <sub>2</sub> O	Ceq	-0,158	0,014	0,018	0,86	0,032	<1
		TOH	Ceq	0,016	0,006	0,026	0,86	0,032	<1
Doize y col (1979)	15	TOH	Ceq	-2,494	0,055	0,211	0,98	0,610	7,49
Tissier y col (1983)	38	D <sub>2</sub> O	Co	1,055	0,048	0,076	0,88	0,391	7,0
Bocquier y Theriez (1984)	43	D <sub>2</sub> O	Co	1,361	0,048	0,07	---	0,431	6,32
Castrillo y col (1984)	77	D <sub>2</sub> O	Co	0,395	0,117	0,024	0,94	0,196	4,1
Bocquier (1987)	47	D <sub>2</sub> O	Co	1,738	0,047	0,064	0,88	0,411	6,1

#### 2.2.4.- Otros métodos indirectos de estimación de la composición corporal

##### 2.2.4.1.- Metodos basados en la densidad corporal

Se fundamentan en el hecho de que la densidad de la grasa es considerablemente menor que la de los demás componentes del cuerpo. Por ello la densidad del cuerpo es tanto menor cuanto mayor sea su contenido en grasa.

Cuando se aplica "in vivo" este método, resulta adecuado para el hombre, pero es más problemático llevarlo a cabo con animales, ya que requiere la medida del volumen corporal por inmersión del cuerpo en el agua. Por otra parte, también es necesario el conocimiento previo de la relación entre la densidad corporal y el contenido en lípidos (Dumont, 1958).

La densidad se determina fácilmente en el animal muerto y varios autores lo han realizado en la canal o alguna de sus partes (Kirton y Barton, 1958b; Garrett y col. 1959). Según Meyer (1962), la densidad de la canal es un buen índice del contenido graso. Por el contrario los resultados de Osman y col. (1970) indican que si bien la densidad está negativamente correlacionada con la grasa y positivamente con el contenido en proteína, cenizas y humedad de la canal, el error de las ecuaciones de predicción es lo suficientemente grande como para que el método no se emplee en la práctica. Por otra parte, Rattray y col., (1974b) señalan que la relación densidad de la canal/contenido en grasa, puede verse influenciada por el estado nutritivo, la edad o el estado fisiológico de los animales.

2.2.4.2.- Métodos basados en la medida de los elementos que entran a formar parte de un componente corporal en una proporción fija.

Son métodos que tratan de predecir "in vivo" la composición corporal de los animales mediante la determinación de algunos isótopos radiactivos que se encuentran en el organismo localizados en departamentos concretos. Los isótopos más comunmente utilizados son el potasio 40 (Kirton y col., 1961; Judge y col. 1963) y el potasio 42 (Forbes, 1963).

La base teórica del método se basa en que la concentración de este elemento en las células del tejido muscular es constante, y prácticamente inexistente en el tejido óseo y adiposo, por lo que el contenido en potasio está relacionado con el peso del cuerpo magro. El contenido de potasio en el cuerpo puede ser estimado mediante la cuantificación de la radiación producida por el  $^{40}\text{K}$  (cuya proporción en el elemento natural es constante) o por la inyección del  $^{42}\text{K}$  y la determinación de la dilución del isótopo con el potasio del cuerpo.

Kirton (1964) en una revisión sobre métodos de predicción de la composición corporal "in vivo", señala que posiblemente la estimación conjunta del sodio y potasio podría incrementar la seguridad de predicción, respecto al uso del potasio únicamente. Trigg y col. (1978), en una comparación realizada entre distintos métodos de predicción, señalan que con el agua tritiada se obtienen mejores resultados que con el  $^{42}\text{K}$ .

2.2.4.3. Otros métodos

Panaretto y Little (1965) y Sykes (1974) calculan el volumen hídrico en ovino a partir del volumen de glóbulos rojos en sangre, y a a partir de aquél estiman la composición corporal. No obstante este método no resulta muy eficiente, cuando se compara con la predicción de los componentes corporales a partir del peso vivo como única variable predictora.



Van Niekerk y col., (1963) han utilizado la creatinina como índice de la composición corporal, ya que la excreción diaria de creatinina en la orina está estrechamente relacionada con la cantidad de proteína presente en el cuerpo vacío.

Robelin (1982a) presenta un método de estimación de la grasa corporal a partir del tamaño de las células del tejido adiposo subcutáneo, señalando que puede ser un método útil y poco costoso para evaluar el contenido en grasa del cuerpo de los animales, particularmente cuando es de esperar que exista una gran variación en este componente y presentando la ventaja de ser independiente de las variaciones del contenido digestivo.

Finalmente, en los últimos años se han puesto a punto diferentes técnicas basadas en ultrasonidos, tomografía computerizada y espectrofotometría de resonancia magnética para predecir la composición corporal "in vivo". Estos métodos vienen detalladamente revisados en el texto editado por D. Lister (1983). Aún cuando poseen un alto valor potencial en el campo de la investigación, en la actualidad no parece que sean susceptibles de ser aplicados rutinariamente dada su complicada metodología y alto coste.

### III.-OBJETIVOS Y PLANTEAMIENTO EXPERIMENTAL

El presente trabajo ha tenido como objetivo general estudiar la precisión con que puede ser estimada "in vivo" la composición corporal de las ovejas en su ciclo reproductivo, empleando el óxido de deuterio como marcador del agua del cuerpo.

Como objetivos parciales se ha abordado el estudio de:

a.- El estudio de la fase fisiológica sobre la composición corporal de los animales y las relaciones entre los distintos componentes del cuerpo.

b.- El efecto del plano de alimentación y de la fase fisiológica sobre las relaciones entre el volumen de agua del cuerpo y el espacio de difusión del óxido de deuterio (ED).

c.- El método de estimación del ED a partir del cual se puede obtener una mayor precisión en la estimación del volumen real de agua del cuerpo.

El objetivo final fué el establecimiento de ecuaciones de predicción, comunes a todas las fases fisiológicas, o individuales para cada una de ellas, del contenido en lípidos, proteína y energía del cuerpo, de las ovejas F1 (Romanov x Rasa Aragonesa), a partir de su peso vivo y del ED.

Para alcanzar estos objetivos se plantearon dos experimentos: el primero de ellos encaminado al estudio del efecto del plano de alimentación sobre el comportamiento del marcador en el agua del cuerpo y sobre las relaciones entre el agua corporal determinada al sacrificio y el ED.

Este experimento se centró, así mismo, en el estudio del mejor método a emplear para la estimación del ED, bien a partir de la concentración puntual del marcador en el agua de la sangre, en un momento determinado después de haber alcanzado el equilibrio con el agua del cuerpo, o bien a partir de la concentración teórica del marcador estimada por extrapolación de su curva de eliminación al tiempo cero o de infusión.

En este experimento se utilizaron ovejas lactantes con el fin de poder alcanzar planos de alimentación suficientemente distantes. Se compararon dos planos de alimentación equivalentes a 1,75 y 3,50 veces las necesidades de mantenimiento. En la mitad de los animales de cada plano se determinó la concentración de óxido de deuterio en la sangre a diferentes horas hasta las 31 h. después de la infusión (momento en que fueron sacrificados), con el fin de conocer la evolución de la concentración del marcador con el tiempo y establecer su curva de eliminación. En el resto de las ovejas se determinó la concentración del marcador en sangre, sólo en las primeras horas después de la infusión, para que el sacrificio tuviese lugar en un momento (7h. post-infusión) lo más próximo posible al tiempo que tarda el marcador en alcanzar el equilibrio con el agua del cuerpo.

Además, en los animales sacrificados a las 31 horas, se determinó la concentración del marcador en muestras de otros fluidos orgánicos (leche, orina, líquido ruminal), para conocer el tiempo que tarda en distribuirse de forma homogénea, o tiempo de equilibrio.

El segundo experimento se centró en el estudio del efecto de la fase fisiológica sobre las relaciones entre los distintos componentes corporales y, entre el contenido en agua del cuerpo y el espacio de difusión. Fué diseñado para atender al objetivo final de establecer ecuaciones de predicción de la composición corporal "in vivo" a partir del peso de las ovejas y del ED.

Para ello se utilizaron 48 animales que fueron sacrificados secuencialmente, durante diferentes fases del ciclo productivo. Un grupo de 14 animales se sacrificó a los 97 días de gestación, otros dos de 12 animales después del parto y a los 35 días de lactación, respectivamente y otro de 10 animales a los dos meses y medio después del destete, de manera que fuera posible calcular ecuaciones de predicción de la composición corporal para cada una de dichas fases. En todos los casos los animales se sacrificaron a las 31 horas de la infusión del marcador, intervalo en el que se procedió a la toma periódica de muestras de sangre por punción de la yugular.

Paralelamente, en cada fase se llevó a cabo un estudio más exhaustivo de la evolución del marcador en sangre y otros fluidos orgánicos, en 6-8 ovejas, con el fin de determinar el tiempo de equilibrio, la vida media del marcador y la tasa de renovación del agua, en cada una de las fases a estudio.

Dado que el presente trabajo se encuadró dentro de un Proyecto de Investigación que tuvo como objetivo, la determinación de las necesidades energéticas de ovejas F<sub>1</sub> (Romanov x Rasa Aragonesa) durante los períodos más críticas de su ciclo reproductivo, los grupos de animales sacrificados en cada fase estuvieron sometidos a diferentes planos de alimentación.

#### IV.- MATERIAL Y METODOS

##### 1.- Animales

###### Experimento 1

Se utilizaron 12 ovejas adultas F1 (Romanov x Rasa Aragonesa) en la sexta semana de lactación, de 6 años de edad y con un peso vivo medio de  $46,1 \pm 1,68$  Kg y 4 ovejas adultas Rasa Aragonesa en el mismo estadio de lactación y un peso vivo medio de  $40,8 \pm 1,13$  Kg.

###### Experimento 2

Se utilizó un grupo inicial de 48 ovejas adultas F1 (Romanov x Rasa Aragonesa) entre 4 y 7 años de edad y un peso vivo medio de  $47,5 \pm 0,38$  Kg. Las cuales se cubrieron después de haber sido sincronizadas mediante la implantación de esponjas vaginales (\*) e inducido el celo mediante la presencia de machos vasectomizados. La cubrición se realizó mediante monta controlada con carneros Fleischaffs y se comprobó el retorno en celo de las ovejas durante dos ciclos consecutivos.

A los 90 días de gestación, se agruparon en bloques de 4 de acuerdo con su peso vivo, distribuyéndose al azar los animales de cada bloque entre 4 tratamientos experimentales, y se introdujeron en jaulas individuales en las que permanecieron hasta el sacrificio.

---

(\*) Cronogest de laboratorios Intervet, 16 mg de acetato de fluorogestona durante 12 días.

## 2.- Alimentación.

Las raciones estuvieron constituidas en ambos experimentos por heno de alfalfa picado (longitud media = 3 cm) y pienso concentrado cuyos ingredientes se sometieron a molienda grosera. Ambos componentes de la ración se distribuyeron mezclados en dos tomas diarias a las 9 y 15 horas.

### 2.1.- Raciones.

#### Experimento 1

La dieta estuvo constituida por un 60 p. 100 de alfalfa y un 40 p. 100 de concentrado. Este último estuvo compuesto por un 79 p. 100 de cebada ; 18 p. 100 de soja, 1 p. 100 de fosfato bicálcico, 1 p. 100 de sal y 1 p. 100 de corrector vitamínico-mineral(\*).

#### Experimento 2

Durante los tres primeros meses de gestación las ovejas se mantuvieron en lote, a un nivel de alimentación próximo a 1,1 veces las necesidades de mantenimiento, es decir, 1,8 Mcal EM/día para una oveja de 50 Kg de peso vivo. La ración estuvo constituida por 600 g de heno de alfalfa de buena calidad, 150 g de cebada-pienso y paja de cereal.

Desde el día 90 de gestación al parto, los animales recibieron una dieta constituida por un 70 p. 100 de heno de alfalfa y un 30 p. 100 de pienso concentrado. Los ingredientes del concentrado fueron: 96,3 p. 100 de cebada, 2,3 p. 100 de fosfato bicálcico, 0,7 p. 100 de sal y 0,3 p. 100 de corrector vitamínico mineral (\*). En lactación, el contenido en ingredientes de la dieta fue el mismo que en el primer ensayo. Tanto en este caso, como durante la gestación, la relación forraje: concentrado se mantuvo siempre constante.

---

(\*) Corrector EXTRAPREMIX de labiana analítica S.A.

Una vez destetados los corderos (aproximadamente a los 35 días post-parto) las ovejas recibieron una ración similar a la administrada durante los 3 primeros meses de gestación.

La composición de los ingredientes y de las dietas correspondientes a casa ensayo figuran en los cuadros 15 y 16, respectivamente.

## 2.2.- Tratamientos

### Experimento 1

Se utilizaron dos planos de alimentación equivalentes a un aporte de energía metabolizable de 320 Kcal/Kg PV <sup>0,75</sup> y día (plano alto-A) y 160 Kcal/Kg PV <sup>0,75</sup> y día (plano bajo-B) que cubrían aproximadamente 3,5 y 1,75 veces las necesidades de mantenimiento (ARC, 1980).

### Experimento 2

Como se ha comentado en el apartado IV, los animales utilizados pertenecían a una experiencia de alimentación en la que fueron sometidos a diferentes planos de alimentación durante la gestación y la lactación (Sebastian, 1987).

Durante los últimos 52 días de gestación se utilizaron 4 planos de alimentación equivalentes a un aporte medio de 160 (A), 145 (M), 130 (B) y 115 (MB) Kcal de EM/Kg PV <sup>0,75</sup> y día. Estos niveles se corresponden con el 110, 100, 90 y 80 p. 100 de las necesidades de una oveja de 50 Kg de peso, gestando 2 corderos con un peso al nacimiento de 6,3 Kg.

---

(\*) Un Kg de corrector contiene:  $1,75 \times 10^6$  U.I. vitamina A;  $3,5 \times 10^5$  U.I. vitamina D3; 1,250 mg oxitetraciclina; 7,234 mg zinc; 62,500 mg magnesio; 6,400 mg manganeso; 6,250 mg hierro; 1,900 mg cobre; 4,5 mg selenio y 380 mg de yodo.

CUADRO.- 15 COMPOSICION DEL HENO DE ALFALFA Y DEL ALIMENTO CONCENTRADO (p.100 MS).

	Experimento 1			Experimento 2		
	Proteína bruta	Fibra bruta	Cenizas	Proteína bruta	Fibra bruta	Cenizas
Heno de alfalfa	...16,45....	29,21...	10,37..	16,45....	29,61..	.8,70
Concentrado de gestación	--.....	--..	--	8,36...	.3,98....	5,15
Concentrado lactación....	16,39....	3,62....	5,13....	16,50....	4,56..	.5,78

CUADRO.- 16 COMPOSICION DE LAS DIETAS (p.100 MS).

	Experimento 1	Experimento 2	
	LACTACION	GESTACION	LACTACION
<b>Composición (%MS)</b>			
Materia Orgánica(MO).	91,73.....	92,37.....	92,47
Proteína Bruta(PB)....	.16,43.....	14,02.....	16,47
Fibra bruta (FB).....	..18,97.....	21,92.....	19,59
Materia Orgánica digestible (MOD)(1).....	.65,07.....	61,56.....	65,88
Energía metabolizable (EM) en Mcal/kg MS (2).....	.2,44.....	2,31.....	2,47

(1) Determinada mediante ensayos de digestibilidad "in vivo" (Sebastián, 1987).

(2). Estimada considerando un contenido en EM de la MOD de 3,75 Mcal EM/Kg MOD (Blaxter y Wainman, 1964).



Las necesidades de mantenimiento se estimaron en 90 Kcal de EM/Kg PV  $0,75$  y día (ARC, 1980). Las necesidades medias de gestación fueron calculadas de acuerdo con Robinson (1983) a partir de la energía diaria retenida en el feto (McDonald y col, 1979), considerando un peso a la camada de 6,3 Kg, estimado a partir del peso vivo a la cubrición de la oveja (McDonald y Russel, 1970) y una eficiencia de utilización de la EM para el crecimiento fetal de 0,133 (McGraham, 1964).

Se utilizó un patrón de alimentación creciente, incrementando la oferta en el comienzo de las 8, 6, 4, 2 semanas antes del parto, con el fin de mantener constante a lo largo del periodo experimental el mismo porcentaje de sobrealimentación (26 p. 100, plano AR) o de restricción calculado sobre las necesidades de gestación para un parto doble (0, 26 y 54 p. 100, planos MR, BR y BA, respectivamente).

Los tres primeros planos de gestación (A, M y B) fueron seguidos de una restricción durante la lactación equivalentes a 2 veces las necesidades de mantenimiento (180 Kcal EM/Kg PV  $0,75$  y día). Las ovejas del plano de alimentación más bajo durante la gestación, recibieron la dieta "ad libitum" durante la lactación, aumentando gradualmente el aporte de alimento durante la primera semana post-parto. Los tratamientos A y MB supusieron un mismo aporte total de energía con un patrón diferente de administración durante la gestación y la lactación. Como ya se ha comentado, el plano de alimentación de las ovejas tras el destete fué equivalente a 1,1 veces las necesidades de mantenimiento.

### 3.- Desarrollo Experimental

#### Experimento 1

Las ovejas fueron distribuidas en jaulas individuales en las que recibieron las dietas experimentales durante 10 días antes de la infusión del marcador.

Se llevaron a cabo dos series de sacrificios correspondientes a dos pautas de manejo diferentes, como se muestra

en los diagramas del cuadro 17.

Serie I: En 8 animales (4 del plano alto y 4 del bajo), se tomaron muestras de sangre a las 2, 3, 4, 5 y 7 horas después de la infusión del óxido de deuterio, siendo sacrificadas inmediatamente después de la última toma de muestras. Las ovejas fueron pesadas a las 4 y a las 7 horas (peso al sacrificio).

Serie II: En los 8 animales restantes (4 de cada plano) se tomaron muestras de sangre, leche y orina a las 2, 3, 4, 5, 7, 27, 29 y 31 horas después de la infusión del óxido de deuterio, siendo sacrificadas inmediatamente después de la última toma. Se registró el peso vivo a las 4, 7 y 31 horas (peso al sacrificio). Las ovejas de esta serie se alojaron en jaulas metabólicas 3 días antes de proceder a la infusión del marcador para facilitar la recogida de la orina.

En ambas series, el día de la infusión del marcador, la primera distribución de la comida se realizó dos horas antes de la infusión y la segunda tras la última recogida de muestras de ese día. El día del sacrificio únicamente se distribuyó la comida de la mañana. Los animales tuvieron agua a libre disposición durante todo el periodo experimental.

## Experimento 2

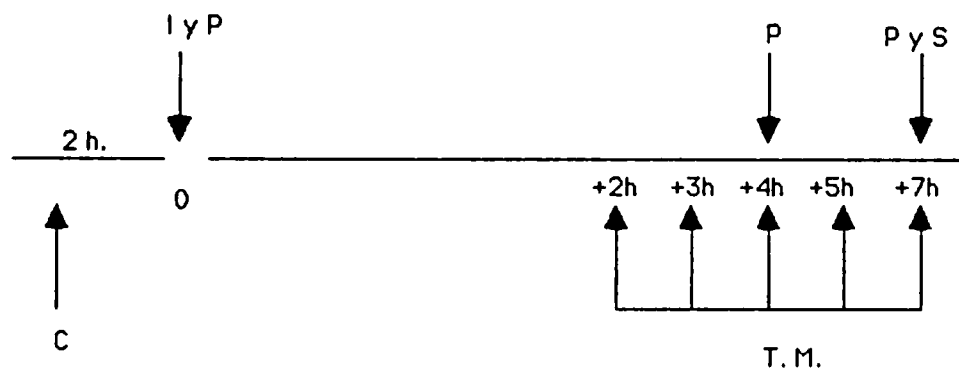
Se llevaron a cabo cuatro series de sacrificio correspondientes a cuatro fases diferentes del ciclo reproductivo: a los 97 días de gestación (G), a los 3-5 días después del parto (LI), a los 35 días de lactación (LF) y a los 2 meses y medio del destete en ovejas vacías (V).

Se sacrificaron un total de 48 ovejas de las cuales: 14 G, 12 LI (4 del plano A, 3 del M, 4 del B y 1 del MB), 12 LF (9 del plano bajo, de las cuales 3 habían recibido en gestación el plano A, 3 el M y 3 el B, y 3 del plano alto que en gestación habían recibido el MB) y 10 V.

PAUTA SEGUIDA EN LA DISTRIBUCION DE ALIMENTO (C), CONTROL DE PESO (P), INFUSION DEL OXIDO DE DEUTERIO (I), TOMA DE MUESTRAS (T.M.) Y MOMENTO DEL SACRIFICIO (S).

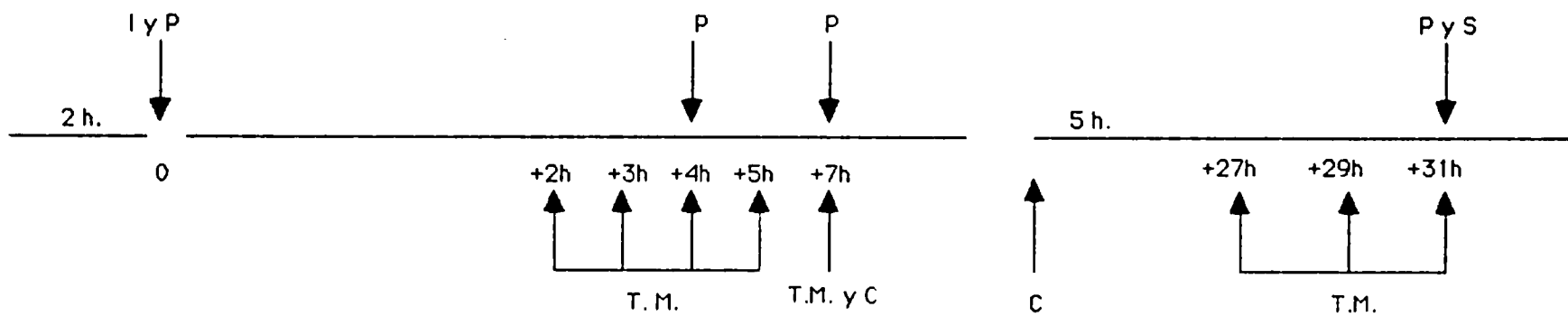
# EXPERIMENTO 1.

## SERIE I.



T.M. = Toma muestra de sangre.

## SERIE II.



T.M. = Toma muestra de sangre, leche y orina.

De las ovejas sacrificadas a los 97 días de gestación, 6 portaban un feto, 6 dos fetos y 2 tres fetos.

En LI no se pudo sacrificar un número igual de ovejas por cada plano recibido en gestación debido a que el protocolo vino impuesto por la prueba de alimentación que se desarrollaba paralelamente.

En todas las fases o series de sacrificios la pauta seguida en el reparto de la comida, la infusión del marcador, la toma de muestras, el pesaje y el sacrificio de las ovejas fue idéntico (Cuadro 18.a).

Tras la infusión del marcador se tomaron muestras de sangre a las 3, 5, 7, 27, 29 y 31 horas y los animales fueron sacrificados inmediatamente después de la última toma. Se registró el peso vivo de las ovejas a las 5, 7 y 31 horas (peso al sacrificio). El reparto del alimento se efectuó siguiendo la misma pauta que en el Experimento 1.

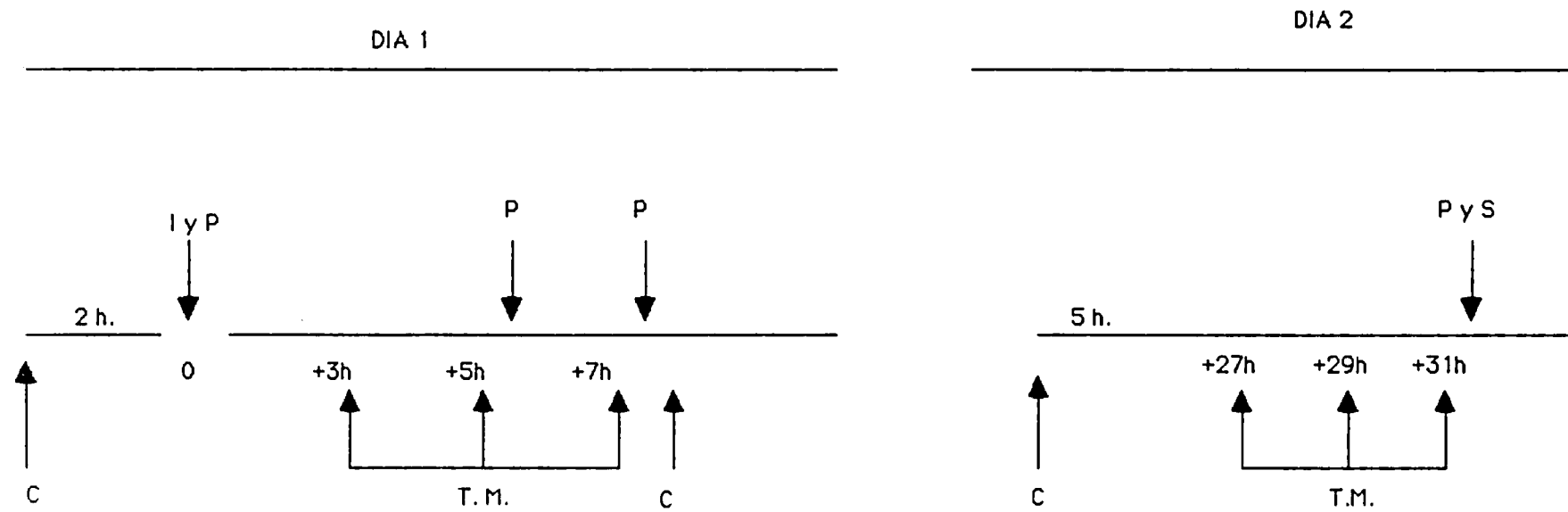
Paralelamente y con el fin de estudiar de forma más exhaustiva la dinámica del marcador en el agua corporal, en cada una de las fases se infundió óxido de deuterio y se tomaron muestras de sangre y otros fluidos orgánicos en alguno de los 48 animales de la experiencia, que no eran sacrificados en dicha fase. En el caso de las vacías se contó para este estudio con 6 ovejas, no pertenecientes a las 48 iniciales, que hacía dos o tres meses que habían sido destetadas y que durante este tiempo recibieron una alimentación similar a las del experimento.

En los cuadros 18.b y 18 c figura la pauta seguida en la distribución de la comida, infusión del marcador, toma de muestras, pesaje de los animales.

A los 97 días de gestación se utilizaron 8 animales, 6 de los cuales se alojaron en jaulas metabólicas. A todos ellos se les tomó muestras de sangre a las 1, 2, 3, 5, 7, 9, 27, 29 y 31 horas después de la infusión del marcador. A las mismas horas se recogieron muestras de orina y líquido ruminal a los 6 animales mantenidos en jaulas metabólicas.

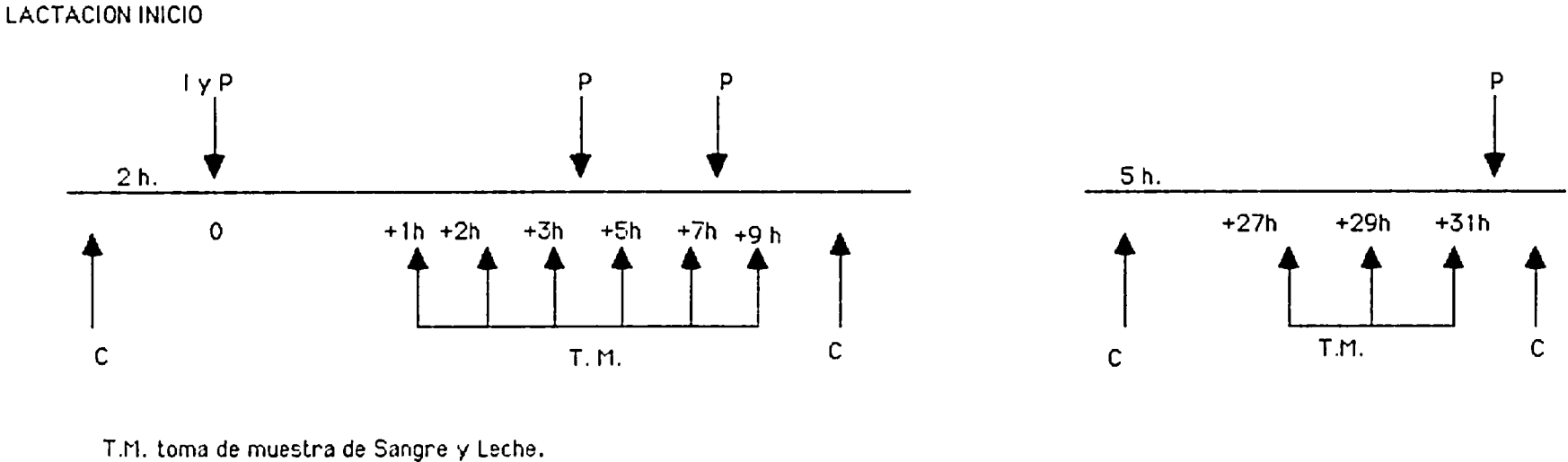
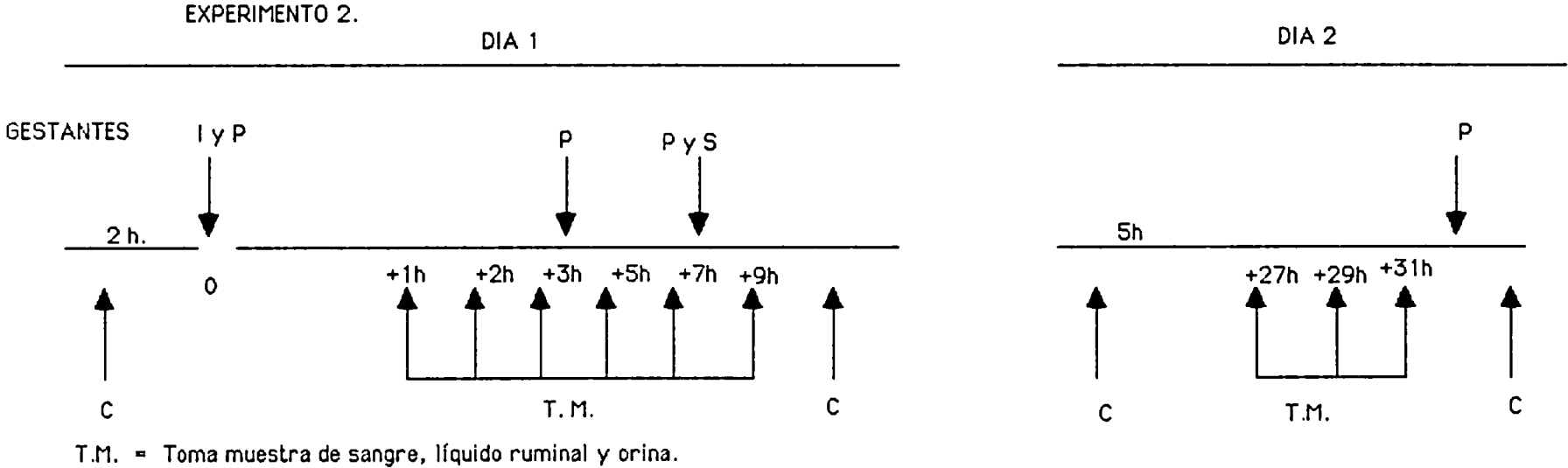
PAUTA SEGUIDA EN LA DISTRIBUCION DE ALIMENTO (C), CONTROL DE PESO (P), INFUSION DEL OXIDO DE DEUTERIO (I), TOMA DE MUESTRAS (T.M.) Y MOMENTO DEL SACRIFICIO (S).

EXPERIMENTO 2.



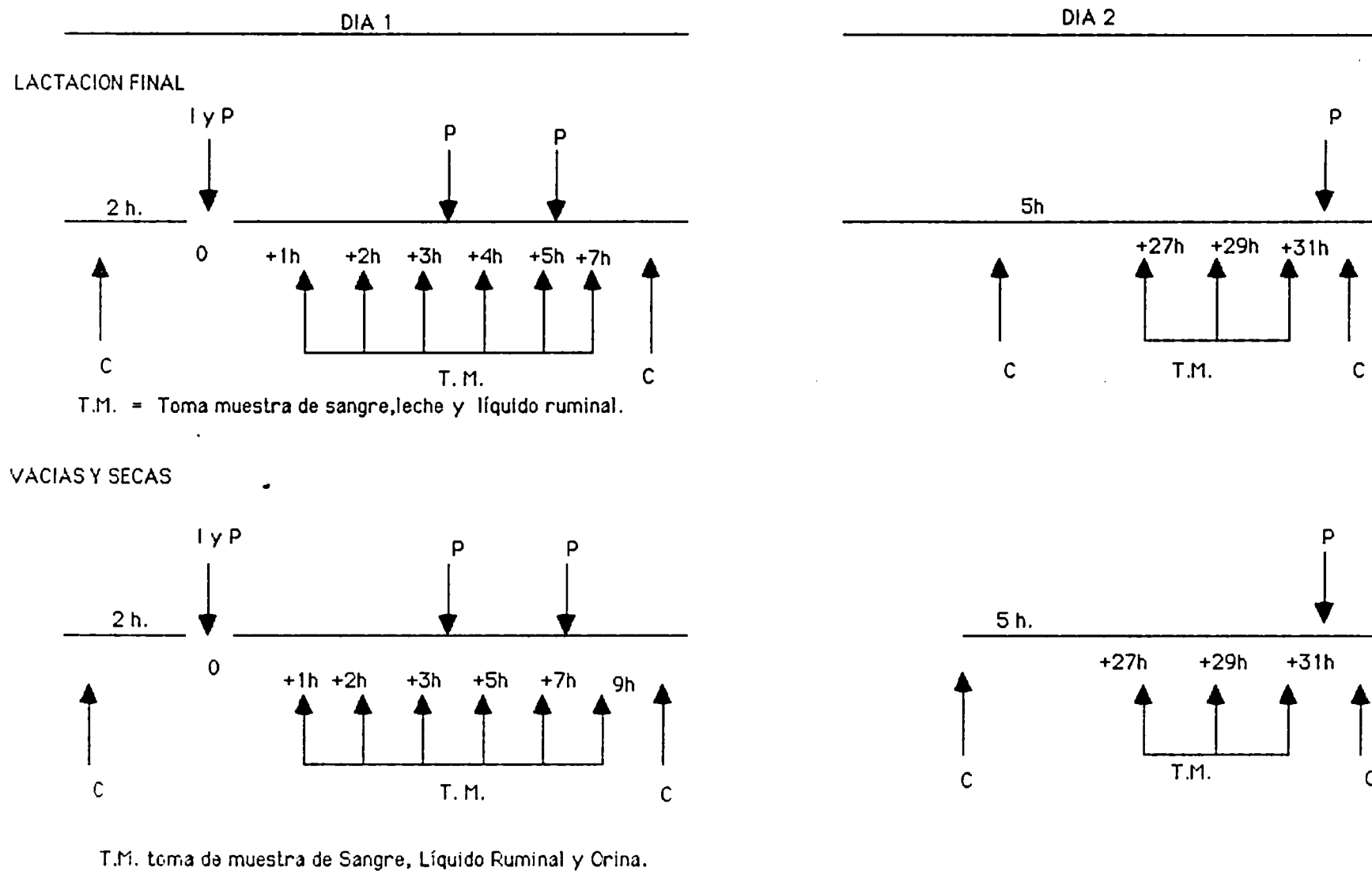
T.M. = Toma muestra de sangre.

CUADRO 18.b.- PAUTA SEGUIDA EN LA DISTRIBUCION DE ALIMENTO (C), CONTROL DE PESO (P), INFUSION DEL OXIDO DE DEUTERIO (I) Y TOMA DE MUESTRAS DE DISTINTOS FLUIDOS (T.M.) . ESTUDIO DEL TIEMPO DE EQUILIBRIO DEL MARCADOR.



CUADRO 18.C.- PAUTA SEGUIDA EN LA DISTRIBUCION DE ALIMENTO (C), CONTROL DE PESO (P), INFUSION DEL OXIDO DE DEUTERIO (I) Y TOMA DE MUESTRAS DE DISTINTOS FLUIDOS (T.M.)

EXPERIMENTO 2.



3-5

A los 35 días post-parto se utilizaron 7 ovejas (dos de cada uno de los planos A, B y MB y uno del plano M), recogiendo muestras de sangre y leche a las mismas horas que a las gestantes.

A los 35 días de lactación se utilizaron 6 ovejas (tres del plano alto y tres del bajo, de estas una de cada uno de los planos de gestación). Se tomaron muestras de sangre, leche y líquido ruminal a las 1, 2, 3, 4, 5, 7, 27, 29 y 31 horas después de la infusión.

En las 6 ovejas vacías y secas se recogieron muestras de sangre, líquido ruminal y orina a las 1, 2, 3, 5, 7, 9, 27, 29 y 31 h. post-infusión.

En todos los casos los animales fueron pesados a las 5, 7 y 31 horas post-infusión, inmediatamente después de la toma de muestras. La pauta de distribución de la comida fue similar a la indicada en el Experimento 1.

### 3.1.- Infusión del óxido de deuterio

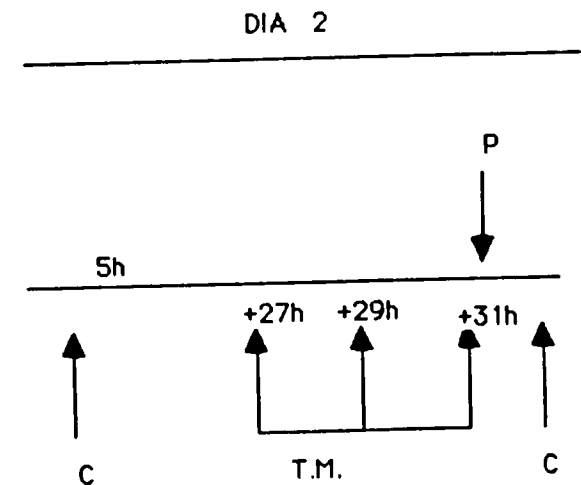
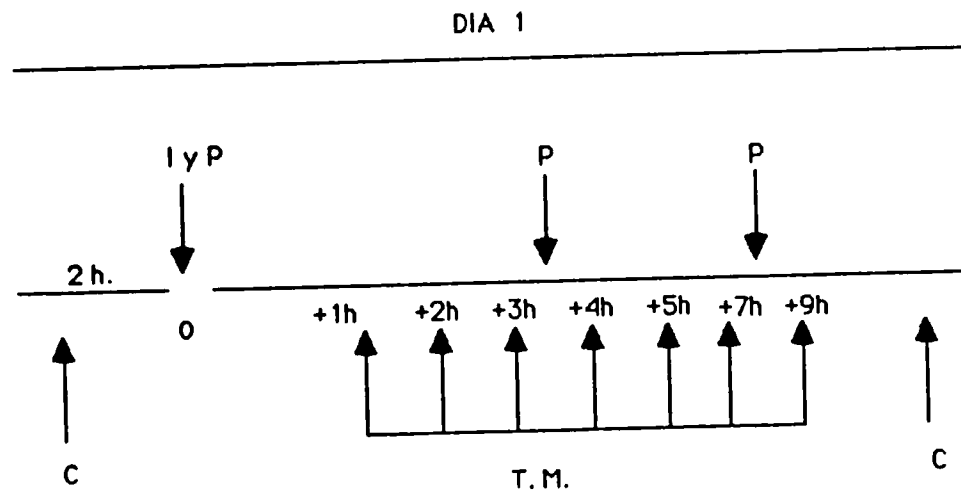
Los animales fueron pesados antes de la segunda distribución de comida (aproximadamente a las 14 horas) el día anterior al prefijado para la infusión del óxido de deuterio, y éste peso fue el utilizado para el cálculo de la dosis de  $D_2O$  a inyectar. Esta fue de aproximadamente 0,6 g/Kg PV, cantidad suficiente para alcanzar una concentración mínima en el plasma sanguíneo del 0,75-1,00 p. 1000.

La infusión del marcador se realizó por la mañana entre las 9-10 horas con la ayuda de un cateter que fue introducido en yugular inmediatamente antes de la infusión. Una vez realizada ésta se infundió suero fisiológico con objeto de arrastrar el marcador que pudiera haber quedado en el cateter.

El peso del  $D_2O$  inyectado se calculó por diferencia entre el peso de la jeringa llena y el de la vacía (precisión de la pesada, 0,01 g).



PAUTA SEGUIDA EN LA DISTRIBUCION DE ALIMENTO (C), CONTROL DE PESO (P), INFUSION DEL OXIDO DE DEUTERIO (I) Y TOMA DE MUESTRAS DE DISTINTOS FLUIDOS (T.M.). ESTUDIO DEL TIEMPO DE EQUILIBRIO DEL MARCADOR.



### 3.2.- Pesaje de los animales.

Los animales fueron pesados siguiendo el protocolo de los Cuadros 17 y 18, inmediatamente después de la infusión o de la recogida de muestras coincidiendo el último registro con el momento del sacrificio. Se utilizó una balanza de  $\pm 250$  g de precisión.

### 3.3.- Recogida de muestras para la determinación de la concentración de óxido de deuterio.

Las muestras de sangre se recogieron directamente en vena yugular, en el lado opuesto al de la inyección, utilizando tubos Vacutainer de 10 ml de capacidad, conteniendo heparina (20 mg de oxalato potásico y 25 mg de fluoruro sódico).

La leche se obtuvo por ordeño y las muestras de líquido de rumen mediante sonda a través del esófago. La orina se recogió en cubos, para lo cual las ovejas se mantuvieron jaulas metabólicas. Cada muestra corresponde a la orina excretada desde el momento de la recogida de la muestra anterior, salvo en el caso de la muestra + 27 horas post-infusión que corresponde a la orina recogida durante las 2 horas previas.

De cada uno de los fluidos se recogieron aproximadamente 30 ml, que junto con la sangre se mantuvieron en congelación a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de la extracción del agua.

### 3.4.- Sacrificio.

El sacrificio se llevo a cabo entre las 16-17 horas, inmediatamente después de que las ovejas fueran pesadas, esquiladas y ordeñadas en el caso de las lactantes. Fue realizado por un profesional matarife mediante el método de degüello, ligándose el esófago para evitar pérdidas de contenido digestivo. La sangre fue recogida y pesada, tomándose una muestra de aproximadamente 200 g para la determinación de su contenido en materia seca.

A continuación se quitó la piel, cortándola a nivel de las rodillas y corvejones, dejando limpia la cabeza, la cual fue

separada de la canal por la articulación occipito atlantoidea. Se separaron también las extremidades anteriores y posteriores a nivel de carpo y tarso, respectivamente.

Una vez separada la ubre, los animales fueron eviscerados, recogiendo los órganos torácicos y abdominales, incluidos los riñones y la grasa perirrenal.

Inmediatamente después de su obención se pesaron individualmente la sangre, la piel, las extremidades, la cabeza, la ubre, cada una de las vísceras (corazón, pulmones, tráqueas, hígado, bazo, útero, riñones y páncreas) y la canal.

El aparato digestivo lleno se separó en retículo-rumen, omaso, abomaso, intestino delgado e intestino grueso (diferenciando entre colon-ciego y recto), mediante la ligadura previa de los extremos. Una vez separadas la grasa omental y mesentérica, cada una de las partes se pesó, llena y vacía, determinando el contenido por diferencia. También la vejiga de la orina se pesó llena y vacía.

En las ovejas gestantes se pesó el útero grávido, el cual fue posteriormente dividido en útero, placenta, fluidos y fetos.

#### <sup>5</sup> 3.4.- Preparación de muestras del cuerpo para el análisis químico.

Con el fin de favorecer la homogeneidad de las muestras, el cuerpo se dividió en las siguientes fracciones para su análisis químico y determinación del calor de combustión.

- 1). Fracción PPC, constituida por las patas, la piel y la cabeza.
- 2). Fracción V, constituida por las vísceras, incluyendo el aparato digestivo, la vejiga de la orina y el útero.
- 3). Fracción C, constituida por la canal.
- 4). Fracción DG, constituida por los depósitos de grasa perirrenal, mesentérica y omental.

- 5). Fracción CF (carga fetal), constituida por los fetos y la placenta.

Aunque el útero se consideró en la fracción V, en 7 ovejas gestantes fué recogido individualmente para su análisis posterior, con el fin de conocer su contribución al total del agua del cuerpo. Así mismo, se tomaron muestras de la ubre de las lactantes (100 gramos) para su análisis posterior.

Las fracciones PPC, V y C fueron almacenadas en refrigeración a  $-4^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de su trituración y muestreo. Las fracciones DG y CF se almacenaron en congelación a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Los úteros de las ovejas gestantes y las muestras de ubre de las lactantes se mantuvieron también en congelación hasta el momento de su análisis.

Tras un periodo de almacenamiento de 3 a 7 días, las fracciones PPC, V y C fueron pesadas y troceadas, para posteriormente ser picadas por separado en una máquina trituradora Cato, modelo PB-160. Cada una de las fracciones se pasó cuatro veces consecutivas por la máquina, las dos primeras por un tamiz de 18 mm de diámetro de poro y las dos últimas por un tamiz de 7 mm de diámetro de poro. Después del último peso se tomaron dos muestras de cada una de las fracciones, de aproximadamente 500 g, las cuales fueron almacenadas a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis.

#### 4.- Análisis químico del cuerpo de las ovejas.

Los análisis químicos de las fracciones PPC, V, C y CF se llevaron a cabo sobre muestras previamente desecadas. En el caso de las fracciones PPC, V y C, la desecación se llevó a cabo por liofilización, durante 48 horas, de tres submuestras por fracción, obtenidas de las muestras trituradas y almacenadas en congelación. Se utilizó un liofilizador modelo Lifar Ex 102 de la casa APV Ibérica. La fracción CF se desecó a  $80^{\circ}\text{C}$ , durante 96 horas, en estufa de aire forzado. La desecación de úteros y muestras de ubres se llevó a cabo por liofilización.

Una vez desecadas, las muestras fueron molidas en un molino de martillos modelo Cross Beater Mill de la firma Retsch, utilizando un tamiz de 1 mm de diámetro de poro, y con la ayuda de nieve carbónica.

Todas las determinaciones químicas se hicieron por duplicado a partir de las muestras desecadas de las fracciones PPC, V, C y CF y de las muestras frescas de la fracción DG, fracción esta última que fue previamente molida en un molino doméstico de cuchillas. Se admitió un límite máximo de un 5 p. 100 de diferencia entre las dos repeticiones. Cuando este límite era superado se volvían a hacer los análisis por duplicado. A la vista de los nuevos resultados se descartaban el dato o datos extremos si los hubiese, y se hacía la media con 2, 3 ó 4 valores.

#### 4.1.- Determinación de la Materia Seca.

En las fracciones PPC, V y C se calculó a partir de la pérdida de peso habida en la liofilización. Para la fracción grasa, fue determinada siguiendo la norma I.S.O. R-1442, basado en la pérdida de humedad experimentada al tratar la muestra con alcohol etílico absoluto y evaporarlo. Para la fracción de la carga fetal, fue calculada a partir de la humedad perdida después del proceso de secado en estufa. Sobre todas las muestras desecadas y molidas, excepto las correspondientes a la fracción DG, se realizó un análisis de materia seca en estufa de aire forzado a 100°C-105°C durante 24 h. Los resultados de los análisis posteriores (N, grasa, cenizas, energía), se refirieron a este valor.

#### 4.2.- Determinación del contenido en Cenizas.

Se determinaron siguiendo el método propuesto por la A.O.A.C. (1981) basado en la carbonización de la muestra con ayuda de acetato magnésico, tal como aconseja la norma I.S.O. R-936, y posterior calcinación en mufla a 550°C durante 7-8 h. En el caso de la fracción grasa no se añadió acetato magnésico en la carbonización.

#### 4.3.- Determinación del contenido en Nitrógeno.-

Se realizó por el método de Kjeldahl semimacro, con la modificación del ácido bórico propuesta por Scales y Harrison (1920), usando selenio como catalizador de la digestión y ácido clorhídrico 0,2 N en la valoración. Se utilizó un equipo Tecator

Kjeltec Auto 1030 Analyzer.

Como factor de conversión fue usado el valor 6,25, tal y como proponen numerosos autores que determinan proteína en muestras corporales (Cowan y col, 1979; Tissier y col, 1983; Truscott y col, 1983).

Para el cálculo del N en la fracción grasa se utilizaron 4-6 gr de muestra que fueron desengrasados en un aparato Soxhlet durante 6-8 h. antes de proceder a su determinación.

#### 4.4.- Determinación del contenido en lípidos.

Para la determinación de los lípidos de las fracciones PPC, V, C y CF, se empleó el método propuesto por Stodt (1952). En esencia, consiste en un ataque de la muestra (2 ó 3 g) con 100 ml de una solución de ClH en agua (3N), calentando y agitando al mismo tiempo. Posteriormente, se filtra y se lava la muestra con agua destilada caliente hasta que el líquido que pasa por el filtro no da reacción ácida. Se seca el filtro con su contenido en estufa a 60°C durante 12 horas y se somete a extracción con éter durante 6-8 horas, determinándose la grasa contenida en el extracto etéreo, previamente secado el matraz a 60°C durante 1 hora y media.

Debido a la riqueza en grasa de las muestras, antes del ataque con ácido clorhídrico, fueron sometidas a una primera extracción en el Soxhlet durante 6 horas.

Sin embargo los valores obtenidos de dicho análisis, no se consideraron por las razones que se exponen detalladamente en el capítulo 5.1. de este apartado.

La grasa de la fracción DG fué determinada por diferencia entre la materia seca y el porcentaje de proteína y cenizas analizadas.

#### 4.5.- Determinación del calor de combustión.

Se determinó con una bomba calorimétrica adiabática PARR admitiendo una desviación máxima de 40 cal/g entre los dos duplicados. Un número muy reducido de muestras (fundamentalmente de la fracción piel-patas-cabeza) precisó de la adición de ácido benzoico para realizar la determinación. Estos análisis se llevaron a cabo en la Estación Agronómica Experimental C.S.I.C. de Marzanas (León).

#### 5.- Cálculo de la composición corporal de las ovejas.

La composición química y el contenido energético del cuerpo de las ovejas se calcularon en base al peso vivo vacío (PVV), determinado éste por diferencias entre el peso vivo de los animales esquilados y ordeñados en el caso de las ovejas lactantes (PVs) y el peso del contenido digestivo.

El contenido en agua del cuerpo vacío se determinó por diferencia entre el PVV y el contenido en materia seca de las distintas fracciones. Este fue calculado a partir de los resultados de la liofilización de las fracciones PPC, V y C, de la desecación mediante el empleo de alcohol etílico de la fracción DG y de la desecación en estufa de la fracción CF, considerando los pesos registrados inmediatamente antes de la trituración de las fracciones PPC, V y C, de la molienda de la fracción DG y de la introducción en estufa de la fracción CF. Se consideró también el contenido en materia seca de la sangre, determinado por desecación en estufa de las muestras recogidas en el momento del sacrificio, así como el contenido en materia seca de los fluidos intrauterinos.

Por consiguiente, tanto las pérdidas ocurridas entre el momento de registrar el peso vivo de las ovejas y la suma de los pesos de los componentes obtenidos después del sacrificio, como las pérdidas entre ésta y los pesos registrados antes de la preparación de las muestras para el análisis químico, se consideraron como agua (Foot y col, 1979, Geenty y Sykes, 1986), teniendo en cuenta que en su mayor parte son debidas a pérdidas por evaporación.

El contenido en agua del peso vivo se determinó como la suma del contenido en agua del PVV y el contenido en agua de la

digesta, determinando éste por desecación en estufa a 105°C durante 48 horas, de muestras tomadas de cada uno de los compartimentos en que se dividió el aparato digestivo después de la evisceración de los animales.

El contenido en proteína bruta, cenizas y energía del cuerpo de las ovejas se calculó a partir de los análisis de las distintas fracciones, referidas a la materia seca determinada como anteriormente se ha descrito.

Se consideró que la sangre se compone de cenizas (datos propios obtenidos a partir de 6 muestras tomadas en otros tantos animales), cantidades despreciables de grasa (White y col, 1964) y proteína (MS - cenizas), por lo que su valor calórico se estimó era igual al calor de combustión de la proteína (5,4 Kcal/g, Reid y col., 1968). Se determinó el contenido en proteína de los fluidos intrauterinos.

El contenido en lípidos se calculó por diferencia entre el contenido en materia seca y el contenido en proteína bruta y cenizas, por las razones que se exponen en el siguiente apartado.

No se determinó la composición de la lana ni de la leche obtenida en el ordeño previo al sacrificio de las lactantes, por lo que la composición se refiere al cuerpo de los animales esquilados y ordeñados.

#### 5.1.- Estimación del contenido en lípidos del cuerpo de las ovejas.

Como se ha indicado previamente, a pesar de haber determinado analíticamente el contenido en grasa de todas las fracciones corporales, salvo el de los depósitos grasos, el contenido en lípidos del cuerpo de las ovejas se calculó por diferencia entre el contenido en materia seca y el contenido en proteína y cenizas.

En la fracción DG no se determinó su contenido en lípidos debido a que éstos representan una elevada proporción de dicha



fracción ( $94,6 \pm 0,87$  p. 100), presentando dificultades para su completa extracción por lo que se creyó más conveniente determinar únicamente el contenido en proteína bruta ( $N \times 6,25$ ) y cenizas y estimar los lípidos por diferencia.

Varias fueron las razones por las que también en el resto de las fracciones se decidió estimar el contenido en lípidos por diferencia.

En primer lugar, porque la suma de proteína bruta, cenizas y lípidos, determinados analíticamente superó en todas las fracciones el cien p. 100 de la materia seca (100,26, 102,08 y 102,33 p. 100 para las fracciones V, C y PPC, respectivamente).

Por otra parte, la determinación analítica de la grasa presentó una variabilidad muy superior a la determinación de nitrógeno y cenizas, hasta el punto de que se tuvieron que repetir un 23 p. 100 de los análisis, debido a que la diferencia entre los valores de las réplicas superaba el 5 p. 100.

A la vista de los problemas comentados y con el fin de comprobar la fiabilidad de los datos analíticos obtenidos, se repitieron los análisis de nitrógeno, cenizas y grasa, de 10 muestras de canal y 8 de la fracción PPC, eligiendo aquellas en las que la suma de los tres componentes químicos presentó una mayor sobreestimación en relación a la materia seca ( $> 104$  p. 100).

Las repeticiones se hicieron por triplicado y los métodos de determinación del nitrógeno y cenizas fueron idénticos a los empleados previamente.

El contenido en lípidos se determinó también mediante extracción con éter etílico, después de la hidrólisis de la muestra con clorhídrico, pero se empleó para ello un equipo Soxtec Sytem HT 1043 de la firma Tecator. En esencia, el análisis consiste, en una primera fase, en la extracción de la muestra (2-3 g) manteniéndola en el seno del disolvente en ebullición; esta fase tiene una duración de 45 minutos. En una segunda fase, la muestra es lavada por el disolvente condensado durante 90 minutos. Posteriormente se realiza la hidrólisis y se repite el proceso anterior.

Se calculó la repetibilidad y la reproductibilidad de los análisis, entendiendo por repetibilidad (r) la desviación aritmética entre dos resultados obtenidos por el mismo método sobre una muestra idéntica y en las mismas condiciones, teniendo una probabilidad del 95 p. 100 de que no sea sobrepasada y por reproductibilidad (R) a la desviación aritmética entre dos resultados obtenidos con una misma muestra en condiciones diferentes, teniendo la probabilidad del 95 p. 100 de que no sea sobrepasada, (Grappin, 1976; Aufrere, 1982).

Para su cálculo se llevó a cabo un análisis de varianza factorial según el modelo:

$$X_{ijk} = \mu + M_i + P_j + MP_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

$M_i$  representa el efecto muestra,  $P_j$  el efecto periodo,  $MP_{ij}$  el efecto de la interacción Muestra X Periodo y  $\varepsilon$  el efecto residual.

Siguiendo a Aufrere (1982), la repetibilidad se estimó a partir de la fórmula:

$$r = t \frac{1}{\sqrt{n}} \times \sigma_r$$

siendo:

$n = n^2$  de repeticiones

$\sigma_r^2$  = varianza residual

$t = T$  de students para la probabilidad del 5 p. 100 y los grados de libertad del error.

La reproductibilidad se calculó a partir de la fórmula:

$$R = \frac{t}{\sqrt{n}} \times \sigma_R$$

siendo:

$n = n^2$  de repeticiones

$\sigma_R^2 = \sigma_r^2 + \sigma_p^2 + \sigma_{MP}^2$

$\sigma^2_r$  = varianza residual

$\sigma^2_p$  = varianza correspondiente al efecto periodo

$\sigma^2_{MP}$  = varianza correspondiente al efecto de la interacción Muestra X Periodo

t = T de students para una probabilidad del 5 p. 100 y los grados de libertad del error.

Los valores de R y r obtenidos para cada fracción y componente químico son los siguientes:

	<u>Proteína Bruta</u>		<u>Grasa Bruta</u>		<u>Cenizas...</u>	
	r	R	r	R	r	R
Canal	0,84	0,95	1,34	7,11	0,83	0,87
P.P.C.	1,11	1,29	1,04	4,87	1,05	1,20

Dichos valores ponen en evidencia una elevada repetibilidad de los análisis con los métodos analíticos empleados, en el sentido de que cabe esperar que la diferencia entre dos determinaciones en una misma serie no sobrepase 0,8-1,3 unidades porcentuales, con una probabilidad del 95 p. 100 de que ello sea así. No obstante, hay que tener en cuenta que en el análisis de varianza solo se incluyeron los datos de la serie inicial que formaban parte de la media definitiva, y por la obtención de ésta tuvieron que ser repetidos varios análisis de grasa como previamente se ha indicado.

En cuanto a la reproductibilidad, tanto el análisis de nitrógeno como el de cenizas son altamente reproductibles en el sentido de que el hecho de hacer las determinaciones en series diferentes aumenta muy poco la desviación previsible entre dos determinaciones. Sin embargo, en el caso de la grasa, esta desviación puede estar entre 4 y 7 unidades porcentuales según la fracción considerada, teniendo en cuenta que en estas desviaciones se incluyen las debidas a las variaciones introducidas en el método de análisis.

Aunque no se pretende comparar la fiabilidad de los métodos de determinación de grasa empleados, hay que señalar que con el segundo de ellos únicamente en dos muestras se tuvo que eliminar uno de los valores por exceder del 5 p. 100 respecto a las otras dos determinaciones. Por otra parte, la suma de proteína bruta, cenizas y lípidos, cuando estos fueron determinados por el segundo método solo excedió de media en un 101,69 p. 100 de la materia seca de las fracciones de canal y PPC.

La experiencia de laboratorio y los resultados obtenidos en el sentido del alto porcentaje de análisis de lípidos que tuvieron que ser repetidos y la variación en los valores según el método de extracción empleado, aconsejaron estimar el contenido en lípidos de las distintas fracciones por diferencia, como ya se ha comentado, método utilizado por numerosos autores (Purroy, 1978; Tissier y col., 1983; Castrillo y col., 1984).

A título de verificación, se comparó el valor de combustión del cuerpo de los animales determinado mediante bomba calorimétrica con el estimado a partir del contenido en lípidos (determinado analíticamente o por diferencia) y en proteína del cuerpo, multiplicando por 9,39 y 5,64 Kcal/Kg, respectivamente (ARC, 1980).

La relación entre el contenido energético del cuerpo determinado por bomba y estimado fue muy estrecha, tanto cuando se consideró la grasa determinada analíticamente ( $r^2 = 0,996$ , RSD = 2,425 Mcal) como cuando se consideró la grasa estimada por diferencia ( $r^2 = 0,996$ , RSD = 2,399 Mcal). En ambos casos los valores calóricos estimados fueron superiores a los determinados por bomba calorimétrica, pero la sobreestimación fue superior cuando se consideró la grasa determinada analíticamente (4,99 p. 100 v.s. 2,64 p. 100).

## 6.- Determinación de la concentración del D2O.

### 6.1.- Extracción del agua de las muestras.

Se llevó a cabo mediante liofilización de las muestras, empleando para ello dos liofilizadores similares al descrito por Tissier y col. (1978), que permite recoger el agua de cada muestra.

Las muestras, previa descongelación, fueron introducidas en un erlenmeyer de 100 ml de boca esmerilada, en cantidad próxima a 10 ml, formando una fina capa.

Una vez congelada la muestra, el erlenmeyer era rápidamente acoplado al tubo de recogida de agua y seguidamente se aplicaba alto vacío ( $2 \times 10^{-4}$  milibares). El tubo colector conteniendo el vapor de agua congelado se extraía una vez finalizado el proceso (aproximadamente 2 horas) para descongelar el agua y recogerla (aproximadamente unos 4 ml) en una jeringuilla y conservada en refrigeración a 4°C hasta el momento de su análisis.

### 6.2.- Determinación de la concentración de D2O.

Las muestras así preparadas fueron analizadas mediante espectrofotometría de infrarrojos en un aparato Perkin-Elmer mod. 180 de doble haz, propiedad del Departamento de Photochimie de la Universidad de Clermont-Ferrand II (Francia) equipado de un inyector automático de muestras. Las lecturas se realizaron a una longitud de onda entre  $2512 \text{ cm}^{-1}$ . Las celdas eran de  $\text{F}_2\text{Ca}$  y con un separado de 0,25 mm. Como solución de referencia se utilizó agua destilada y como solución de lavado de la ventana problema una disolución del D2O de 0,5 p. 1000 en agua destilada. Como soluciones patrón se utilizaron disoluciones de 1,25; 1,00; 0,75 y 0 p. 1000 de D2O en agua destilada, intercalándolas cada 100 muestras.

La concentración de D2O se calculó por el método de interpolación descrito por Foot y Greenhalgh (1970)

$$X = C_1 + (H-H_1) (X_2-C_1/H_2-H_1)$$

Siendo  $H_1$  y  $H_2$  la altura de los picos registrados en el espectrofotómetro de las concentraciones  $C_1$  y  $C_2$  conocidas exactamente ( $C_1$ , patrón bajo;  $C_2$ , patrón alto).  $H$  es la altura del pico correspondiente a la muestra problema de concentración  $X$ .

#### 7.- Método de cálculo del espacio de difusión del óxido de deuterio.

El espacio de difusión del  $D_2O$  se calculó dividiendo la cantidad de marcador inyectado ( $Q_0$ ) por la concentración del marcador en el agua de la sangre. Los cálculos se realizaron tanto considerando las concentraciones puntuales registradas a las 3, 5 y 7 horas después de la infusión, como considerando la concentración estimada por extrapolación de la curva de eliminación del marcador al tiempo cero o de infusión. La curva de eliminación se obtuvo ajustando los valores de concentración, obtenidos después de que se consideró había alcanzado el equilibrio con el agua corporal, al modelo  $C = C_0 e^{-kt}$ , transformado en la forma logarítmica  $\ln c = \ln C_0 - kt$  en la que  $C_0$  y  $C$  representan las concentraciones del marcador en el momento de la infusión y en el tiempo  $t$ , respectivamente y  $k$  es el ritmo fraccional de renovación del pool ( $h^{-1}$ ).

A partir de dicho modelo se determinó también la vida media del marcador en el organismo ( $T$ ) entendida como el tiempo que tarda en eliminarse la mitad del marcador infundido ( $C_0/2$ ):

$T = \frac{0.693}{K}$ , así como la tasa de renovación del agua del cuerpo

de las ovejas ( $\alpha$ ):  $\alpha = K \times V$ , siendo  $V$  el volumen total de agua del organismo.

#### 8.- Análisis estadístico.

Se realizaron análisis de varianza con objeto de <sup>comprobar</sup> el peso de los distintos componentes corporales y la composición química y energética del cuerpo de los animales sacrificados en distintas fases de su ciclo reproductivo. Se compararon también los valores medios corregidos por covarianza, utilizando como covariables el PV y el PVV.

Las relaciones entre los distintos componentes corporales así como la relación entre el agua determinada al sacrificio y el espacio de difusión del óxido de deuterio se estudiaron mediante análisis de regresión simple y múltiple. Del mismo modo, se establecieron las ecuaciones de predicción de la composición corporal a partir del peso de los animales y el espacio de difusión del  $D_2O$ .

El efecto de la fase fisiológica sobre dichas relaciones se estudió mediante análisis de covarianza en los que se consideró las variables independientes de la regresión como covariadas.

El procesado de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico Biomédical Computer Programs, versión BMDP-85 en el Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza.

## V.- RESULTADOS Y DISCUSION

### 1.- COMPONENTES CORPORALES Y COMPOSICION DE LOS ANIMALES SACRIFICADOS.

#### 1.1.- Resultados.

##### 1.1.1.- Peso de los distintos órganos y fracciones del cuerpo.

En las tablas 1a, 1b, 1c y 2 se presentan los valores medios de los pesos de las distintas fracciones corporales y órganos de los animales sacrificados, en términos absolutos (Kg) y relativos al peso vivo vacío (PVV, peso vivo de los animales esquilados y ordeñados en el caso de los lactantes, menos el contenido del aparato digestivo, vejiga de la orina y útero grávido en el caso de los gestantes, respectivamente). Los animales F1 (Romanov x Rasa Aragonesa) se agruparon según su estado fisiológico en 4 fases: Fase G, correspondiente a los 90 días de gestación (14 ovejas del Experimento 2); Fase LI, 3-5 días post-parto (12 ovejas del Experimento 2); Fase LF, 35 días de lactación (12 ovejas del Experimento 1 y 12 ovejas del Experimento 2) y Fase V que incluye a 10 ovejas vacías y secas sacrificadas en el Experimento 2. En ambas tablas, figuran los resultados de los análisis de varianza efectuados para estudiar el efecto fase. Así mismo, en las tablas 1 (a,b,c) se presentan entre paréntesis los valores medios ajustados por covarianza para un mismo PVV medio de todas las ovejas a estudio (35,41 Kg), con el fin de tener en cuenta la relación existente entre las variables a estudio y el peso de los animales. En estos análisis de covarianza tanto las variables como la covariada se expresaron en forma logarítmica, no presentándose las RSD obtenidas ya que no dan información de la desviación real de los datos.



**TABLA 1.a. Peso medio (Kg) de los distintos órganos y fracciones del cuerpo de las ovejas sacrificadas (Kg)**

Estado fisiológico número de animales	Gestantes 14	Laot. inicio 12	Laot. final 24	Vacías 10	RSD	P	(Raza Aragonesa) 4
<b>Peso vivo sacrificio</b>	51,33 <sup>a</sup>	47,80 <sup>ab</sup>	44,31 <sup>bc</sup>	42,22 <sup>c</sup>	6,076	***	40,75 ± 0,902
Lana	0,98	0,74	0,95	1,02	0,425	NS	1,61 ± 0,390
Leche (último ordeño)		0,13	0,30				0,10 ± 0,016
Carga fetal	3,36						
Contenido digestivo	7,78 <sup>a</sup>	10,17 <sup>b</sup>	9,28 <sup>b</sup>	7,58 <sup>a</sup>	1,766	***	6,45 ± 0,481
<b>Peso vivo vacío</b>	39,00 <sup>a</sup>	36,61 <sup>ab</sup>	33,53 <sup>b</sup>	33,49 <sup>b</sup>	5,491	*	32,49 ± 1,199
Sangre	2,42 <sup>a</sup>	2,68 <sup>b</sup>	2,75 <sup>b</sup>	2,43 <sup>a</sup>	0,299	***	2,40 ± 0,134
	(2,31) <sup>a</sup>	(2,64) <sup>bc</sup>	(2,82) <sup>b</sup>	(2,47) <sup>ab</sup>		***	
Canal	21,49 <sup>a</sup>	18,46 <sup>b</sup>	17,09 <sup>b</sup>	18,35 <sup>b</sup>	3,04	***	17,11 ± 0,942
	(19,43) <sup>a</sup>	(17,78) <sup>b</sup>	(18,06) <sup>b</sup>	(19,47) <sup>a</sup>		***	
Piel+Patas+Cabeza	5,56	5,07	5,17	5,34	0,590	NS	4,58 ± 0,230
	(5,25) <sup>a</sup>	(4,98) <sup>b</sup>	(5,36) <sup>a</sup>	(5,52) <sup>a</sup>		***	
Grasa interna	3,38 <sup>a</sup>	2,42 <sup>ab</sup>	1,45 <sup>b</sup>	1,80 <sup>b</sup>	1,461	***	2,18 ± 0,584
	(2,08) <sup>a</sup>	(1,88) <sup>a</sup>	(1,39) <sup>b</sup>	(1,97) <sup>a</sup>		*	
Perirrenal	0,87 <sup>a</sup>	0,61 <sup>ab</sup>	0,28 <sup>c</sup>	0,50 <sup>bc</sup>	0,429	***	0,55 ± 0,236
	(0,49) <sup>a</sup>	(0,41) <sup>a</sup>	(0,25) <sup>b</sup>	(0,54) <sup>a</sup>		***	
Mesent.-Omental	2,51 <sup>a</sup>	1,81 <sup>ab</sup>	1,17 <sup>b</sup>	1,31 <sup>b</sup>	1,068	***	1,63 ± 0,348
	(1,56)	(1,45)	(1,13)	(1,43)		NS	
Vísceras	5,74 <sup>a</sup>	7,47 <sup>b</sup>	6,49 <sup>c</sup>	5,14 <sup>a</sup>	0,846	***	5,86 ± 0,450
	(5,34) <sup>a</sup>	(7,34) <sup>b</sup>	(6,69) <sup>c</sup>	(5,36) <sup>a</sup>		***	
Suma de componentes	38,58 <sup>a</sup>	36,11 <sup>ab</sup>	32,95 <sup>b</sup>	33,06 <sup>b</sup>	5,340	**	32,13 ± 1,210
	(34,99)	(34,92)	(34,83)	(34,98)		NS	

(1) Entre paréntesis figuran los valores medios corregidos por covarianza para un mismo peso vivo vacío esquilado (35,41 Kg)

\*\*\*  $P \leq 0,005$  \*\*  $P \leq 0,01$  \*  $P \leq 0,05$  NS  $P > 0,05$

**TABLA 1.b. Peso medio de los distintos órganos de la fracción vísceras (kg) (1)**

Estado fisiológico número de animales	Gestantes 14	Lact. inicio 12	Lact. final 2	Vacias 10	RSD	P	(Rasa Aragonesa) 4
<b>Vísceras</b>							
útero	0,59a (0,50)a	0,61a (0,58)a	0,14b (0,15)b	0,14b (0,13)b	0,141	***	0,11 ± 0,025
ubre	0,29a (0,26)a	1,36b (1,21)b	0,84c (0,88)c	0,27a (0,27)a	0,287	***	0,81 ± 0,039
hígado	0,87a (0,81)a	1,05b (1,02)ab	1,08b (1,11)b	0,86a (0,90)ab	0,189	***	---
corazón	0,24 (0,22)a	0,26 (0,25)ab	0,26 (0,26)b	0,23 (0,24)ab	0,052	NS	---
pulmón	0,90 (0,83)	0,97 (0,92)	0,86 (0,88)	0,96 (0,99)	0,184	NS	---
bazo	0,11 (0,10)a	0,11 (0,10)a	0,11 (0,12)ab	0,13 (0,13)ab	0,030	NS	---
riñones	0,13a (0,13)a	0,16b (0,16)b	0,15b (0,16)b	0,13a (0,13)a	0,025	***	0,13 ± 0,005
páncreas	0,06a (0,05)a	0,06a (0,06)a	0,08b (0,09)b	0,06a (0,06)a	0,023	*	0,07 ± 0,020
vejiga	0,04 (0,04)	0,04 (0,04)	0,03 (0,04)	0,03 (0,04)	0,001	NS	0,02 ± 0,002
Digestivo vacío	2,56a (2,43)a	2,86b (2,82)b	2,95b (3,01)b	2,30a (2,37)a	0,324	***	2,23 ± 0,137

(1) Entre paréntesis figuran los valores medios corregidos por covarianza para un mismo peso vivo vacío esquilado (35,41 Kg)

\*\*\*  $P \leq 0,005$  \*\*  $P \leq 0,01$  \*  $P \leq 0,05$  NS  $P > 0,05$

**TABLA 1.c. Peso medio y de los distintos órganos del aparato digestivo vacío (Kg) (1).**

Estado fisiológico número de animales	Gestantes 14	Lact. inicio 12	Lact. final 24	Vacías 10	RSD	P
<b>Aparato Digestivo vacío</b>						
Retículo - rumen	1,02 <sup>a</sup> (0,97) <sup>a</sup>	1,07 <sup>ab</sup> (1,06) <sup>b</sup>	1,22 <sup>b</sup> (1,26) <sup>c</sup>	0,95 <sup>a</sup> (0,97) <sup>ab</sup>	0,153	***
Omaso	0,15 (0,14) <sup>ab</sup>	0,17 (0,16) <sup>a</sup>	0,17 (0,17) <sup>a</sup>	0,14 (0,13) <sup>b</sup>	0,033	NS *
Abomaso	0,22 <sup>ac</sup> (0,21) <sup>a</sup>	0,27 <sup>b</sup> (0,26) <sup>b</sup>	0,24 <sup>ab</sup> (0,25) <sup>b</sup>	0,21 <sup>c</sup> (0,21) <sup>a</sup>	0,050	* ***
Intest. delgado	0,47 <sup>a</sup> (0,46) <sup>a</sup>	0,59 <sup>b</sup> (0,57) <sup>b</sup>	0,62 <sup>b</sup> (0,62) <sup>b</sup>	0,41 <sup>a</sup> (0,42) <sup>a</sup>	0,116	*** ***
Int. grueso (colon)	0,24 (0,24)	0,27 (0,25)	0,26 (0,26)	0,24 (0,24)	0,062	NS NS
Int. grueso (recto)	0,45 <sup>ab</sup> (0,41) <sup>ac</sup>	0,50 <sup>b</sup> (0,48) <sup>b</sup>	0,43 <sup>a</sup> (0,45) <sup>bc</sup>	0,36 <sup>c</sup> (0,38) <sup>a</sup>	0,081	*** ***

(1) Entre paréntesis figuran los valores medios corregidos por covarianza para un mismo peso vivo vacío esquilado (35,41 Kg)

\*\*\*  $P \leq 0,005$     \*\*  $P \leq 0,01$     \*  $P \leq 0,05$     NS  $P > 0,05$ .

**TABLA 2. Proporción de los distintos órganos y fracciones del cuerpo de las ovejas sacrificadas. (p.100 PYV)**

Estado fisiológico. número de animales	Gestantes 14	Lact. inicio 12	Lact. final 24	Vacías 10	RSD	P	(Rasa Aragonesa) 4
<b>Sangre</b>	6,29a	7,45b	8,31c	7,28b	0,907	***	7,39 ± 0,411
<b>Canal</b>	55,12a	50,32b	50,85b	54,82a	1,825	***	52,58 ± 1,153
<b>Piel+Patas+cabeza</b>	14,38a	14,00a	15,57b	16,00b	1,238	***	14,10 ± 0,284
<b>Grasa interna</b>	8,23a	6,29ab	3,98c	5,24bc	2,918	***	6,76 ± 1,814
Perirrenal	2,11a	1,55a	0,76b	1,44a	0,879	***	1,70 ± 0,724
Mesent.-Omental	6,12a	4,74ab	3,22b	3,80b	2,149	***	5,06 ± 1,093
<b>Vísceras</b>	14,87a	20,55b	19,54b	15,34a	1,890	***	18,09 ± 1,345
útero	1,54a	1,66a	0,43b	0,42b	0,493	***	0,33 ± 0,081
ubre	0,75a	3,65b	2,54c	0,79a	0,663	***	2,50 ± 0,179
hígado	2,24a	2,91bc	3,21b	2,63c	0,440	***	---
corazón	0,61a	0,70b	0,77c	0,71b	0,133	***	---
pulmón	2,33a	2,66b	2,56ab	2,87b	0,436	*	---
bazo	0,29a	0,30ab	0,34bc	0,39c	0,071	*	---
riñones	0,35a	0,45b	0,46b	0,38a	0,067	***	0,41 ± 0,019
páncreas	0,14a	0,18a	0,24b	0,18c	0,062	***	0,21 ± 0,048
vejiga	0,09	0,11	0,10	0,08	0,047	NS	0,11 ± 0,002
<b>digestivo vacío</b>	6,60a	7,95b	8,92c	6,89a	1,013	***	7,07 ± 0,187
retículo-rumen	2,64a	2,98b	3,70c	2,84ab	0,415	***	---
omaso	0,39a	0,46ab	0,51b	0,40a	0,114	***	---
abomaso	0,57a	0,75b	0,74b	0,61a	0,151	***	---
intestino delgado	1,23a	1,65b	1,90b	1,24a	0,390	***	---
int.grueso (ciego)	0,63a	0,74ab	0,80b	0,72ab	0,209	*	---
int.grueso (recto)	1,15a	1,38b	1,28b	1,07a	0,168	***	---

Los valores con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ )

\*\*\*  $P \leq 0,005$     \*\*  $P \leq 0,01$     \*  $P \leq 0,05$     NS  $P > 0,05$

En los análisis no se incluyeron las 4 ovejas de raza Rasa Aragonesa sacrificadas en el Experimento 1, cuyos valores medios y su error standard figuran en la última columna de las tablas 1 y 2.

Los animales sacrificados a los 90 días de gestación presentaron un PV 10 Kg superior al de las ovejas vacías y secas, ( $P \leq 0,005$ ). El de las ovejas lactantes fue intermedio, aunque ligeramente menor al final de la lactación.

El peso de la carga fetal y las diferencias en el contenido del aparato digestivo (superior en las lactantes), sólo explicaron parte de las diferencias en el peso vivo, ya que la misma tendencia se siguió observando al considerar el PVV. El contenido digestivo expresado en porcentajes del PV, representó un  $15,4 \pm 0,62$ ;  $21,9 \pm 1,66$ ;  $21,8 \pm 0,70$  y  $18,2$  p.  $100 \pm 0,93$  del PV en las ovejas de las fases G, LI, LF y V, respectivamente.

Los animales de la Fase G mostraron también un mayor peso de la canal que el resto, diferencias que no vienen explicadas exclusivamente por el mayor PVV, como muestran los resultados del análisis de covarianza (valores entre paréntesis, tabla 1.a), en el que se pone de manifiesto un mayor peso de canal corregido de las ovejas gestantes y vacías, en relación a las lactantes. De hecho, estas presentaron un menor porcentaje de canal en relación al PVV (tabla 2).

No se observaron diferencias significativas entre fases en el peso de la fracción piel + patas + cabeza (PPC), aunque expresado en relación al PVV, fue inferior en los animales de las fases G y LI (tabla 2). También en los valores corregidos por covarianza se pone de manifiesto un menor peso de la fracción PPC en las ovejas LI ( $P \leq 0,005$ ).

Consideradas las vísceras conjuntamente, se observa que el peso de esta fracción, tanto en valores absolutos como relativos al PVV, es mayor en las ovejas lactantes que en las gestantes y en las vacías ( $P \leq 0,005$ ). Las diferencias no se debieron únicamente al peso de la ubre y el útero, los cuales obviamente están relacionados con la fase fisiológica, sino también al peso de otros órganos. Así, el peso del tracto digestivo, que representa casi el 50 p. 100 de

la fracción vísceras, fue superior tanto en valores absolutos, como relativos al PVV, en las ovejas lactantes que en las gestantes y vacías. Estas diferencias reflejan fundamentalmente las encontradas a nivel de retículo-rumen, aunque el peso del abomaso e intestino delgado, mostraron una evolución paralela.

Las diferencias entre las ovejas lactantes y las vacías o gestantes se manifestaron también en otros órganos que juegan un importante papel en el metabolismo del animal, como son el hígado y los riñones.

Las ovejas sacrificadas a los 90 días de gestación presentaron la mayor cantidad de grasa interna (3,38 Kg), siguiéndoles por orden, las LI (2,42 Kg), V (1,80 Kg) y LF (1,45 Kg). Parte de las diferencias encontradas en el peso de los depósitos grasos vienen explicadas por las variaciones en el PVV de los animales, pero cuando se corrigieron las medias para un mismo PVV se mantuvieron las diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de lactantes final y las restantes fases (tabla 1a).

Las ovejas lactantes presentaron una mayor volemia que las gestantes y vacías, lo cual se manifiesta tanto al expresar el peso de la sangre en valores absolutos como corregidos por covarianza o al hacerlo en términos relativos al PVV.

#### 1.1.2.- Composición química del cuerpo

En la tabla 3 se presentan los valores medios, para cada una de las fases a estudio, correspondientes al contenido total en agua del cuerpo de los animales y a la composición del cuerpo vacío de las ovejas sacrificadas y su valor calórico, todos ellos expresados en términos absolutos (Kg o Mcal). Figuran también las medias correspondientes a la composición del cuerpo vacío corregidas por covarianza para un mismo PVV (35,41 Kg) (el análisis de covarianza se realizó expresando las variables y la covarianza en forma logarítmica). En la tabla 4 se presentan los datos relativos al contenido total en agua del cuerpo y la composición del cuerpo vacío, expresados como porcentaje del PV y del PVV de los animales esquilados, y ordeñados en el caso de las lactantes,

**TABLA 3. Composición química y contenido energético del cuerpo de las ovejas sacrificadas (Kg o Mcal).**

Estado fisiológico. número de animales	Gestantes 14	Lactación inicio 12	Lactación final 24	Vacíos 10	RSD	P	(Raza Aragonesa) 4
Agua total (1)	32,21 <sup>a</sup> (29,94)	30,89 <sup>ab</sup> (30,18)	29,93 <sup>b</sup> (30,89)	27,27 <sup>c</sup> (29,06)	3,183	*** NS	24,13 ± 1,170
Agua cont. digestivo	6,84 <sup>a</sup>	8,85 <sup>b</sup>	7,94 <sup>b</sup>	6,58 <sup>a</sup>	1,615	***	5,35 ± 0,520
Agua cont. vejiga(3)	0,21 <sup>a</sup>	0,19 <sup>ab</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,086	***	0,19 ± 0,006
Agua cont. útero	3,01						---
<b>Comp. Cuerpo Vacío</b>							
Agua cuerpo vacío(2)	22,15 (20,96) <sup>a</sup>	21,85 (21,44) <sup>a</sup>	21,73 (22,50) <sup>b</sup>	20,57 (21,26) <sup>a</sup>	2,289	NS *** --	18,59 ± 1,128
Lípidos (2)	9,14 <sup>a</sup> (6,33) <sup>a</sup>	7,43 <sup>ao</sup> (6,34) <sup>a</sup>	4,70 <sup>b</sup> (4,89) <sup>b</sup>	5,72 <sup>bo</sup> (6,22) <sup>a</sup>	3,237	*** * --	7,46 ± 1,242
Proteína	5,97	5,62	5,49	5,49	0,611	NS	4,92 ± 0,314
Cenizas	1,74 (1,65)	1,71 (1,67)	1,61 (1,66)	1,71 (1,76)	0,232	NS NS	1,52 ± 0,170
Energía	117,12 <sup>a</sup> (92,54) <sup>a</sup>	98,91 <sup>ao</sup> (90,39) <sup>a</sup>	73,06 <sup>b</sup> (78,76) <sup>b</sup>	81,15 <sup>bo</sup> (89,04) <sup>a</sup>	31,571	*** **	96,06 ± 10928

(1) entre paréntesis figuran los valores corregidos por covarianza para un mismo PV.

(2) entre paréntesis figuran los valores corregidos por covarianza para un mismo PVV. No se incluyen los relativos al contenido en proteína del cuerpo vacío por observarse diferencias en las pendientes entre los diferentes grupos.

(3) todo el contenido de la vejiga se consideró como agua.

Los valores con distinta letra presentaron diferencias estadísticamente significativas (P<0,05)

\*\*\* P<0,005    \*\* P<0,01    \* P<0,05    NS>P0,05

**PROPORCION DE LOS DISTINTOS COMPONENTES QUIMICOS (P. 100 DEL PVV) Y CONTENIDO ENERGETICO (Mcal/Kg) DE LAS OVEJAS SACRIFICADAS**

<b>Estado fisiológico</b>	<b>Gestantes</b>	<b>Lact. inicio</b>	<b>Lact. final</b>	<b>Vacias</b>	<b>RSD</b>	<b>P</b>
<b>Número de animales</b>	14	12	24	10		

<i><b>Agua total (p. 100 PV)</b></i>	64,4a	66,1a	69,9b	66,3a	4,61	***
<b>Comp. cuerpo vacío</b>						
<i><b>Agua</b></i>	57,4a	60,2ac	65,4b	61,7bc	4,87	***
<i><b>Lípidos</b></i>	22,6a	19,6ac	13,3b	16,8bc	6,24	***
<i><b>Proteína</b></i>	15,5a	15,5a	16,5b	16,5b	1,1	**
<i><b>Cenizas</b></i>	4,5	4,7	4,9	5,1	0,58	NS
<i><b>Energía</b></i>	2,9a	2,6ac	2,1b	2,4bc	0,5	***



**TABLA 5. Composición química y contenido energético de cada una de las distintas fracciones del cuerpo vacío expresados en valores absolutos. (Kg o Mcal).**

Estado fisiológico		Gestantes	Lact. inicio	Lact. final	Vacías	RSD	P	(Rasa Aragonesa)
número de animales		14	12	24	10			4
<b>Visceras</b>	Agua	4,09a	5,44b	4,86 <sup>c</sup>	3,76a	0,594	***	4,16 ± 0,376
	P.B.	0,79a	1,05b	0,94 <sup>c</sup>	0,74a	0,121	***	0,79 ± 0,061
	G.B.	0,79a	0,88a	0,60b	0,58b	0,240	***	0,84 ± 0,050
	Cenizas	0,07a	0,09b	0,09b	0,06a	0,014	***	0,08 ± 0,008
	Energía	11,30a	13,47b	10,55ab	9,11 <sup>c</sup>	2,558	***	11,78 ± 0,620
<b>Canal</b>	Agua	12,04a	10,30b	10,52b	10,79b	1,286	***	9,19 ± 0,735
	P.B.	3,49a	2,93b	2,95b	3,11b	0,310	***	2,66 ± 0,203
	G.B.	4,74a	4,04a <sup>c</sup>	2,53b	3,24b <sup>c</sup>	1,597	***	4,30 ± 0,701
	Cenizas	1,21	1,19	1,09	1,20	0,188	NS	0,96 ± 0,119
	Energía	62,81a	53,48a <sup>c</sup>	39,35b	45,59b <sup>c</sup>	15,398	***	53,47 ± 6,455
<b>PPC (*)</b>	Agua	3,32	3,01	3,22	3,30	0,393	NS	2,67 ± 0,137
	P.B.	1,24a	1,18b	1,12ab	1,19b	0,126	*	1,05 ± 0,064
	G.B.	0,57a	0,48b	0,43b	0,42b	0,111	***	0,42 ± 0,049
	Cenizas	0,43	0,40	0,41	0,42	0,064	NS	0,44 ± 0,041
	Energía	11,76a	10,53b	10,01	10,22b	1,546	*	9,88 ± 0,637
<b>Dp. grasos</b>	Agua	0,29	0,35	0,27	0,28	0,095	NS	0,24 ± 0,031
	P.B.	0,04	0,04	0,03	0,04	0,010	NS	0,03 ± 0,004
	G.B.	3,04a	2,03ab	1,14b	1,48b	1,401	***	1,90 ± 0,570
	Cenizas	0,01	0,01	0,01	0,01	0,001	NS	0,01 ± 0,009
	Energía	28,90a	19,10ab	10,66b	13,89b	13,191	***	18,67 ± 5,656
<b>Sangre</b>	Agua	2,42a	2,68b <sup>c</sup>	2,75b	2,43a <sup>c</sup>	0,090	***	1,98 ± 0,093
	P.B.	0,41	0,41	0,44	0,41	0,062	NS	0,40 ± 0,022
	Cenizas	0,02	0,02	0,02	0,02	3,437	NS	0,02 ± 0,012
	Energía	2,34	2,33	2,51	2,34	0,353	NS	2,27 ± 0,126

(\*) PPC=Piel+patas+Cabeza.

Los valores con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ )

\*\*\*  $P \leq 0,05$  \*\*  $P \leq 0,01$  \*  $P \leq 0,05$  NS  $P > 0,05$

respectivamente. La composición del PVV se refiere al cuerpo materno, por lo que no incluye los componentes químicos del contenido del útero grávido de las ovejas gestantes.

En las tablas 5 y 6, figuran la composición de cada una de las fracciones en que se dividió el cuerpo de los animales expresada en valores absolutos y relativos al peso de dichas fracciones, respectivamente.

En las cuatro tablas se presentan también los resultados del análisis de varianza y comparación de medias efectuados para estudiar el efecto fase. En los análisis no se incluyeron las 4 ovejas de Rasa Aragonesa del Experimento 1, cuyos valores medios figuraron en la última columna de dichas tablas.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre fases en el contenido total de agua del cuerpo expresado en términos absolutos (tabla 3). Cuando dicha variable se expresó como porcentaje del PV (tabla 4), éste fue superior en los animales sacrificados a los 35 días de lactación (69,9 p.100), presentando las ovejas gestantes los valores más bajos (64,4 p. 100). No obstante, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios ajustados por covarianza para un PV esquilado medio de 45,23 kg.

Al descontar el agua del contenido digestivo, de la vejiga de la orina y del contenido del útero grávido en las ovejas gestantes, no se manifestaron diferencias significativas entre los valores medios absolutos (Kg de agua del cuerpo vacío), pero cuando se expresaron en porcentajes del PVV, las ovejas del grupo LF mostraron mayor hidratación (65,4 p. 100) que las de los grupos LI y G ( 60,2 y 57,4 p. 100 respectivamente). El porcentaje de agua de las ovejas vacías (61,7) difirió también de forma significativa ( $P \leq 0,05$ ) del de las gestantes. Los valores corregidos por covarianza para un mismo PVV ponen también de manifiesto una mayor hidratación de las ovejas LF (tabla 3), que se reflejó en todas las fracciones a estudio (tabla 6).

La cantidad de agua del contenido del aparato digestivo siguió una evolución paralela al peso de éste, siendo superior en

**TABLA 6. Composición química y contenido energético de cada una de las distintas fracciones del cuerpo vacío expresado en relación al peso de cada una de dichas fracciones (p.100 o Mcal/Kg).**

Estado fisiológico número de animales		Gestantes 14	Lact. inicio 12	Lact. final 24	Vacías 10	RSD	P	(Rasa Aragonesa) 4
<b>Visceras</b>	Agua	71,4 <sup>a</sup>	72,9 <sup>a</sup>	75,0 <sup>b</sup>	73,3 <sup>ab</sup>	2,65	***	70,8 ± 1,06
	P.B.	13,7 <sup>a</sup>	14,0 <sup>ab</sup>	14,5 <sup>b</sup>	14,4 <sup>b</sup>	0,68	*	13,4 ± 0,18
	G.B.	13,7 <sup>a</sup>	11,7 <sup>a</sup>	9,1 <sup>b</sup>	11,1 <sup>ab</sup>	3,10	***	14,5 ± 1,18
	Cenizas	1,2 <sup>a</sup>	1,3 <sup>bc</sup>	1,3 <sup>b</sup>	1,2 <sup>ac</sup>	0,12	***	1,3 ± 0,05
	Energía	1,96 <sup>a</sup>	1,79 <sup>ab</sup>	1,62 <sup>b</sup>	1,76 <sup>ab</sup>	0,266	***	
<b>Canal</b>	Agua	56,5 <sup>a</sup>	56,3 <sup>a</sup>	62,1 <sup>b</sup>	59,1 <sup>ab</sup>	4,17	***	53,7 ± 3,02
	P.B.	16,4 <sup>ac</sup>	15,9 <sup>a</sup>	17,4 <sup>b</sup>	17,0 <sup>bc</sup>	1,14	***	15,5 ± 0,52
	G.B.	21,3 <sup>a</sup>	21,2 <sup>a</sup>	14,0 <sup>bc</sup>	17,3 <sup>ac</sup>	5,69	***	25,2 ± 4,01
	Cenizas	5,7	6,5	6,5	6,5	0,91	NS	5,6 ± 0,59
	Energía	2,86 <sup>b</sup>	2,85 <sup>a</sup>	2,24 <sup>b</sup>	2,47 <sup>b</sup>	0,428	***	
<b>PPC</b>	Agua	59,7 <sup>a</sup>	59,1 <sup>a</sup>	62,1 <sup>b</sup>	61,8 <sup>b</sup>	1,97	***	58,3 ± 0,73
	P.B.	22,3 <sup>a</sup>	23,4 <sup>b</sup>	21,7 <sup>a</sup>	22,4 <sup>ab</sup>	1,24	***	22,8 ± 0,36
	G.B.	10,2 <sup>a</sup>	9,5 <sup>a</sup>	8,2 <sup>b</sup>	7,9 <sup>b</sup>	1,65	***	9,3 ± 1,15
	Cenizas	7,8	7,9	7,9	7,8	1,06	NS	9,6 ± 0,45
	Energía	2,11 <sup>a</sup>	2,08 <sup>a</sup>	1,93 <sup>b</sup>	1,91 <sup>b</sup>	0,147	***	
<b>Dp. grasos</b>	Agua	11,9 <sup>a</sup>	18,7 <sup>a</sup>	20,5 <sup>b</sup>	18,9 <sup>a</sup>	15,55	**	12,9 ± 3,50
	P.B.	1,6	2,2	3,5	2,8	2,12	NS	1,4 ± 0,36
	G.B.	86,2 <sup>a</sup>	78,8 <sup>a</sup>	65,3 <sup>b</sup>	77,6 <sup>ab</sup>	17,79	**	84,5 ± 4,71
	Cenizas	0,2	0,3	0,6	0,7	0,86	NS	1,1 ± 0,88
	Energía	8,20 <sup>a</sup>	7,45 <sup>ab</sup>	6,37 <sup>b</sup>	7,41 <sup>ab</sup>	1,539	***	

Los valores con distinta letra presentan diferencias estadísticamente significativas (P<0,05)

\*\*\* P<0,005    \*\* P<0,01    \* P<0,05    NS P≥0,05

los animales sacrificados durante la lactación ( $P \leq 0,005$ ). Expresada en porcentajes del contenido digestivo se obtuvieron valores muy próximos para todas las fases a estudio ( $87,6 \pm 0,49$ ;  $86,8 \pm 0,50$ ;  $85,5 \pm 0,34$  y  $86,8 \pm 0,35$ , para los grupos G, LI, LF y V, respectivamente), aunque las diferencias entre el grupo LF y el resto fueron estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ).

La cantidad media de grasa de las gestantes (9,14 Kg) prácticamente duplicó a la de los animales sacrificados al final de la lactación (4,70 Kg) y vacías (5,72 Kg), siendo las diferencias altamente significativas ( $P < 0,005$ ). El contenido en grasa de las ovejas al inicio de la lactación (7,43 kg) fue también significativamente superior al de LF ( $P \leq 0,01$ ). Las diferencias se manifestaron también cuando los valores se expresaron en relación a PVV (tabla 4). Cuando los valores se corrigieron por covarianza para un mismo PVV, se anularon las diferencias entre G, LI y V, pero las ovejas al final de la lactación (LF) siguieron presentando un menor engrasamiento ( $P \leq 0,05$ ) (tabla 3).

Las diferencias observadas reflejan fundamentalmente el grado de engrasamiento de la canal, y el peso y contenido en lípidos de los depósitos grasos (tablas 5 y 6).

La cantidad de proteína bruta del cuerpo vacío presentó escasas diferencias entre fases, siguiendo la misma evolución que el PVV medio de cada grupo. No obstante, los animales que presentaron menor engrasamiento (LF y V) mostraron una mayor proporción de proteína en el PVV que los de las fases G y LI ( $P \leq 0,01$ ). Como en el caso de la grasa el mayor porcentaje de proteína del cuerpo vacío de las ovejas de los grupos LF y V refleja, fundamentalmente, las diferencias en la composición de la canal, fracción cuantitativamente más importante, aunque en la fracción vísceras se observa también una tendencia similar (tabla 5).

No se manifestaron diferencias significativas en la cantidad de cenizas entre las distintas fases, cualquiera que sea la forma de expresión de los resultados, que se considere.

El contenido energético del cuerpo vacío varió entre fases en el mismo sentido que el contenido en lípidos, por ser éstos los que en mayor medida contribuyen al calor de combustión de la materia orgánica. Las diferencias entre G y LF persistieron cuando se expresó el contenido energético por Kg de PVV (2,9; 2,6; 2,1 y

2,4 Mcal/kg para los grupos G, LI, LF y V, respectivamente) o corregido por covarianza.

#### 1.1.2.1.- Composición del cuerpo magro

En la tabla 7 se presenta la composición porcentual del cuerpo magro vacío (CMV) de los animales sacrificados, entendido por tal al cuerpo vacío menos el contenido en grasa. Nos referimos al CMV3, cuando incluye el útero grávido de las ovejas gestantes y a CMV4 cuando se considera únicamente el cuerpo materno. En dicha tabla figuran también los resultados de los análisis de varianza realizados para estudiar el efecto fase y el test de comparación de medias. En los análisis no se incluyeron las cuatro ovejas de raza Rasa Aragonesa sacrificadas en el Experimento 1, cuyos valores medios y sus errores estándares figuran en la última columna de la tabla

Las ovejas lactantes presentaron un mayor porcentaje de agua, expresado en relación al CMV3 (ACMV3) que las vacías ( $P \leq 0,01$ ) e inferior al de las gestantes, aunque en este caso las diferencias sólo fueron estadísticamente significativas entre las fases LI y G ( $P \leq 0,005$ ). Al considerar el CMV4 se observó un claro descenso en el porcentaje de agua de las gestantes, que alcanzaron un valor próximo al de las vacías (74,17 p.100), siendo ambos inferiores al de las lactantes ( $P \leq 0,005$ ).

Los porcentajes de proteína mostraron una tendencia inversa a los del agua, en las fases a estudio. Así, al considerar el CMV3, el contenido en proteína de las ovejas gestantes fue inferior al de las vacías (18,65 frente a 19,79 p.100) siendo intermedios los valores correspondientes a las lactantes (19,25 y 19,01 p. 100 para las LI y LF, respectivamente). Cuando se considera el CMV4, los grupos G y V presentaron una mayor proporción de proteína que las lactantes inicio y final ( $P \leq 0,005$ ).

La proporción de cenizas del CMV mostró una tendencia similar a la de la proteína, pero las diferencias únicamente fueron significativas cuando se consideró el CMV3.

Las diferencias en el contenido en agua y proteína del cuerpo magro se reflejan en el cociente entre ambos componentes. Considerando el CMV3, las gestantes presentaron un mayor valor

### COMPOSICION PORCENTUAL DEL CUERPO MAGRO VACIO (CMV) (1)

Estado fisiológico	Gestantes	Lact. inicio	Lact. final	Vacías	RSD	P
Número de animales	14	12	24	10		

Agua (p. 100 CMV3)	76,0a	74,9b	75,4ab	74,1c	0,92	***
Agua (p. 100 CMV4)	74,2a	74,9b	75,4ab	74,1c	0,85	***
P.B. (p. 100 CMV3)	18,7a	19,3a	19,0ab	19,8c	0,62	***
P.B. (p. 100 CMV4)	20,0a	19,3a	19,0b	19,8a	0,57	***
Cenizas (p. 100 CMV3)	5,4a	5,9bc	5,6ab	6,1c	0,52	**
Cenizas (p. 100 CMV4)	5,8	5,9	5,6	6,1	0,52	NS

*(1) CMV3 = CUERPO VACIO MENOS EL CONTENIDO EN GRASA*

*CMV4 = CMV3 MENOS EL CONTENIDO DEL UTERO GRAVIDO DE LAS OVEJAS GESTANTES*

para dicho cociente que las vacías (4,08 frente a 3,74) siendo las diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,005$ ). Las lactantes mostraron valores intermedios (3,90 y 3,97 para LI y LF, respectivamente). En cuanto al CMV4, se observó un mayor cociente en las lactantes que en las gestantes y vacías ( $P \leq 0,005$ ).

Con el fin de comprobar la influencia de las variaciones del tamaño de ubre y útero, así como del volumen de sangre, sobre la composición porcentual del CMV, se estudió la composición del cuerpo magro vacío sin considerar el peso y composición del útero en las gestantes, del útero y de la ubre en las lactantes inicio y de la ubre en lactantes final (CMV5) y sin considerar, además, la sangre (CMV6). El CMV5 incluye la ubre de las ovejas gestantes y de las vacías y el útero de las vacías y de las lactantes final, debido a que en estos grupos no se analizaron dichos órganos. No obstante, cuantitativamente, representan una fracción muy pequeña del cuerpo de éstos animales ( $289 \text{ g} \pm 16,8$  y  $271 \text{ g} \pm 39,92$  la ubre de las G y V y  $144 \text{ g} \pm 9,23$  y  $142 \text{ g} \pm 25,30$  el útero de las LF y V, respectivamente), por lo que tal vez se cometería mayor error si se excluyeran en el cálculo del CMV5 asignándoles una composición similar a las de los animales en los que se determinó analíticamente.

En la tabla 8 figura la composición del CMV5 y CMV6 así como el resultado del análisis de varianza y comparación de medias entre fases. Se presentan sólo los datos correspondientes a las 48 ovejas del Experimento 2 ya que no se analizaron las ubres de las ovejas del Experimento 1. Se incluye también la composición del CMV4 para el mismo número de animales, con fines comparativos.

La composición del CMV4 de las ovejas LF varió muy poco por el hecho de considerar 12 animales (Experimento 2) en lugar de 24. Al considerar el CMV5, las diferencias entre fases disminuyeron, pero las lactantes siguieron mostrando un mayor contenido en agua y menor en proteína que las gestantes y las vacías, siendo las diferencias estadísticamente significativas entre éstas y las LF.

Cuando en el CMV no se incluyó los órganos reproductivos ni la sangre (CMV6), se anulan las diferencias entre fases en lo

**TABLA 8. Composición porcentual del cuerpo magro vacío (CMV)(1). (n=48 animales).**

Estado fisiológico número de animales	Gestantes 14	Lact. inicio 12	Lact. final 12	Vacías 10	RSD	P
Agua(p.100 CMV4)	74,17 <sup>a</sup>	74,90 <sup>b</sup>	75,34 <sup>b</sup>	74,07 <sup>a</sup>	0,870	***
Agua(p.100 CMV5)	73,95 <sup>a</sup>	74,53 <sup>ab</sup>	75,11 <sup>b</sup>	74,07 <sup>a</sup>	0,922	*
Agua(p.100 CMV6)	73,22	73,50	74,16	73,29	0,948	NS
P.B. (p.100 CMV4)	20,00 <sup>a</sup>	19,25 <sup>b</sup>	18,83 <sup>b</sup>	19,79 <sup>a</sup>	0,567	***
P.B. (p.100 CMV5)	20,12 <sup>a</sup>	19,35 <sup>bc</sup>	18,94 <sup>b</sup>	19,79 <sup>ac</sup>	0,604	***
P.B. (p.100 CMV6)	20,40 <sup>a</sup>	19,80 <sup>bc</sup>	19,34 <sup>b</sup>	20,07 <sup>ac</sup>	0,600	***
Cenizas(p.100 CMV4)	5,83	5,85	5,83	6,14	0,532	NS
Cenizas(p.100 CMV5)	5,93	6,13	5,95	6,14	0,542	NS
Cenizas(p.100 CMV6)	6,38	6,70	6,51	6,64	0,595	NS
Agua/proteína(CMV4)	3,71 <sup>a</sup>	3,90 <sup>b</sup>	4,00 <sup>b</sup>	3,74 <sup>a</sup>	0,149	***
Agua/proteína(CMV5)	3,68 <sup>a</sup>	3,86 <sup>bc</sup>	3,97 <sup>b</sup>	3,74 <sup>ac</sup>	0,159	***
Agua/proteína(CMV6)	3,59 <sup>a</sup>	3,72 <sup>bc</sup>	3,84 <sup>b</sup>	3,65 <sup>ac</sup>	0,152	***

(1) CMV5: CMV4 menos órganos reproductivos.

CMV6: CMV5 menos sangre.

Los valores con distinta letra presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

\*\*\*  $p \leq 0,005$  \*\*  $p \leq 0,01$  \*  $p \leq 0,05$  NS  $p \geq 0,05$



que se refiere al contenido en agua, aunque siguió observándose la misma tendencia y persistiendo las diferencias significativas en el contenido en proteína.

En cuanto a la relación agua/proteína en el CMV5 y CMV6 persistieron las diferencias entre gestantes y lactantes y entre lactantes final y vacías ( $P \leq 0,005$ ).

En la tabla 9 se presenta la proporción de proteína y cenizas del cuerpo magro vacío y seco (CMVS). No se observaron diferencias significativas entre fases en los porcentajes de proteína y cenizas del CMVS, el contenido medio en proteína y cenizas fue del 77,07 p. 100  $\pm 0,203$  y 22,93 p. 100  $\pm 0,203$ , respectivamente (CMVS3) y del 77,03 p. 100  $\pm 0,197$  y 22,97 p. 100  $\pm 0,197$  (CMVS4).

#### 1.1.3.- Equivalente calórico de la grasa y proteína de las distintas fracciones y del cuerpo vacío.

Se determinó el valor calórico de la grasa y proteína del cuerpo de los animales y de cada una de sus fracciones, asumiendo que la energía es almacenada en el animal adulto únicamente como grasa o proteína. Para ello se establecieron ecuaciones de regresión múltiple relacionando la energía determinada mediante combustión en bomba calorimétrica (Mcal) y el contenido en ambos componentes químicos (Kg). Dado que las ordenadas en el origen no difirieron de cero, se forzó el paso de las regresiones por el origen. En la tabla 10 figuran los coeficientes de regresión obtenidos, que representan los valores calóricos (Kcal/g) de la grasa y la proteína ( $n = 64$ , incluyendo los animales de raza Rasa Aragonesa).

Los elevados coeficientes de determinación (superiores a 0,99) y los bajos coeficientes de variación (inferiores al 6 p. 100), ponen de manifiesto la estrecha relación entre las variables consideradas. Los valores calóricos de la grasa y la proteína obtenidos cuando se consideró el cuerpo vacío del animal fueron 9,12 y 5,53 Kcal/g, respectivamente, presentando ligeras

**TABLA 9. Composición porcentual del cuerpo magro y seco (CMVS)(1)**

Estado fisiológico número de animales	Gestantes 14	Lact. inicial 12	Lact. final 24	Vacías 10	RSD	P	(Rasa Aragonesa) 4
P.B. (p.100 CMVS3)	77,60	76,73	77,24	76,33	1,544	NS	76,61 ± 1,058
P.B. (p.100 CMVS4)	77,45	76,73	77,24	76,33	1,545	NS	
Cenizas(p.100 CMVS3)	22,40	23,28	22,76	23,67	1,544	NS	23,39 ± 1,058
Cenizas(p.100 CMVS4)	22,56	23,28	22,76	23,67	1,545	NS	
Número de animales	14	12	12	10			
P.B. (p.100 CMVS5)	77,27	75,98	76,13	76,33	1,558	NS	
P.B. (p.100 CMVS6)	76,22	74,74	74,87	76,12	1,648	NS	
Cenizas(p.100 CMVS5)	22,73	24,02	23,87	23,67	1,558	NS	
Cenizas(p.100 CMVS6)	23,78	25,26	25,13	24,85	1,648	NS	

(1) CMVS3: referido al CMV3 sin el contenido en agua.

CMVS4: referido al CMV4 sin el contenido en agua.

CMVS5: referido al CMV5 sin el contenido en agua.

CMVS6: referido al CMV6 sin el contenido en agua.

**TABLA 10. Valores calóricos de la grasa y proteína obtenida de la relación entre la Energía determinada en la bomba (Kcal) y el contenido en grasa y proteína del cuerpo (g). (n=64 animales).**

Parte del cuerpo	Proteína (Kcal)	Grasa (Kcal)	R2	RSD	C. V. (p.100).
Visceras	5,32 ± 0,09	9,06 ± 0,113	0,999	0,222	1,99
Canal	5,97 ± 0,219	8,72 ± 0,173	0,998	2,105	4,30
PPC	5,58 ± 0,243	8,56 ± 0,590	0,998	0,508	4,83
Dp.grasos(*)	---	9,44 ± 0,054	0,998	1,032	5,99
<b>Cuerpo vacío</b>	5,53 ± 0,12	9,12 ± 0,094	0,999	2,384	2,64

(\*) en la fracción de depósitos grasos la ecuación de regresión se estableció únicamente entre la energía determinada (Kcal) y la cantidad de grasa (g).

variaciones dependiendo de la fracción a estudio.

Resultados similares se obtuvieron cuando se relacionó mediante regresión lineal simple el valor calórico de la materia orgánica con su contenido en grasa o su contenido en proteína, método empleado por varios autores (Blaxter y Rook, 1952; Paladines y col., 1964; Reid y col., 1968; Odwongo y col., 1984). Los valores calóricos obtenidos en base a este método para el cuerpo vacío fueron de 9,02 y 5,64 Kcal/g para la grasa y proteína, respectivamente.

Aunque con ambos métodos de ajuste se obtuvieron desviaciones estándar residuales y coeficientes de variación similares, los coeficientes de determinación fueron mucho menores en el segundo debido a que al expresar los valores en porcentajes, disminuye el rango de variación de la variable dependiente (Mcal/kg MO) con respecto a cuando se expresa en valores absolutos (Mcal). Así para el cuerpo vacío, los valores mínimo y máximo fueron de 6,282 y 8,512 Mcal/g MO y de 35,093 a 224,728 Mcal.

## 1.2.- Discusión.

### 1.2.1.- Peso de los distintos órganos y fracciones del cuerpo

La diferencia entre el PVV de los animales esquilados y ordeñado y la suma de los pesos de las fracciones obtenidas en el momento del sacrificio (canal, piel + patas + cabeza, vísceras, depósitos grasos y sangre) fué inferior al 2 p. 100 del PVV, salvo en el caso de 5 ovejas que presentaron unas pérdidas próximas al 3 p. 100. Estas pérdidas se encuentran en el rango de las encontradas por otros autores (Foot y col., 1979; Brown y Taylor, 1986) y pueden deberse a la defecación o micción de los animales entre el momento de registrar su peso vivo y el sacrificio, a la pérdida de sangre en el proceso de degüello o a la evaporación de agua de las distintas fracciones en el periodo de tiempo comprendido entre el sacrificio y el pesaje de dichas fracciones o

componentes del cuerpo. De los tres factores citados, se intentó minimizar los dos primeros, pesando a los animales inmediatamente antes del sacrificio y poniendo especial atención en la recogida de la sangre, por lo que al considerar las pérdidas como agua (ver material y métodos) el error cometido debe ser mínimo.

El peso vivo de los animales sacrificados a los 90 días de gestación mostró una menor variabilidad (c.v. = 11 p. 100), que a ovejas sacrificadas a los 35 días de lactación (c.v. = 14 p. 100), por estar constituido este grupo por animales de dos experimentos diferentes y haber sido sometidos, los del Experimento 2, a distintos planos de alimentación durante el final de la gestación y la lactación.

La diferencia en el peso vivo medio entre los distintos fases a estudio son un reflejo del déficit energético a que se vieron sometidos las ovejas del Experimento 2, atendiendo al protocolo experimental. Si se consideran exclusivamente los animales de este experimento los pesos medios registrados fueron de  $51,3 \pm 1,82$ ;  $47,8 \pm 1,64$ ;  $42,5 \pm 1,79$  y  $42,2 \pm 1,64$  para los grupos de sacrificio, G, LI, LF y V, respectivamente. Las diferencias, aunque menores, se mantuvieron cuando se consideró el PVV ya que el mayor contenido digestivo de las lactantes se vio compensado por el peso de la carga fetal de las gestantes, que tampoco se incluyó en el PVV.

El mayor contenido digestivo de las ovejas LI ( $10,2 \text{ Kg} \pm 0,70$ ) y LF ( $9,3 \text{ Kg} \pm 0,27$ ) en relación a las G ( $7,8 \text{ Kg} \pm 0,45$ ) y V ( $7,6 \text{ Kg} \pm 0,58$ ) es un reflejo del nivel de ingestión, superior en las primeras. El peso total del contenido digestivo (CDg, Kg) estuvo estrechamente relacionado con el peso del contenido del rumen + retículo (CRR, Kg) ( $\text{CDg} = 0,90 + 1,24 \pm 0,043 \text{ CRR}$  n = 60, r = 0,97, c.v. = 5,76 p.100). Cowan y col. (1980a) obtienen también una relación estrecha entre ambos contenidos (Kg) ( $\text{CDg} = 2,10 + 1,26 \pm 0,06 \text{ CRR}$ , n = 34, r = 0,97, RSD = 1,10 Kg) con ovejas en lactación y contenidos digestivos que variaban entre 10 y 29 Kg (17 y 39 p. 100 del PV).

La proporción que representa el peso de la canal en relación al PVV en las ovejas gestantes ( $55,1 \text{ p. 100} \pm 0,37$ ) y vacías ( $54,8 \text{ p. 100} \pm 0,35$ ) es inferior al encontrado en la

bibliografía. Así Robinson y col. (1978) y Rattray y col. (1974b), obtienen unos valores próximos al 62 p. 100 en gestantes y Doize y col. (1979), del 58 p. 100 en vacías y secas. El valor obtenido en las lactantes ( $50,3 \text{ p. } 100 \pm 0,73 \text{ LI}$ ,  $50,8 \text{ p. } 100 \pm 0,39 \text{ LF}$ ) fué, sin embargo, próximas a los obtenidos por otros autores. Cowan y col. (1980a) lo sitúa entre el 50 y el 55 p. 100 del PVV, dependiendo del plano de alimentación recibido en gestación y lactación.

El menor rendimiento a la canal de las ovejas en lactación (expresado en relación al PVV) respecto a las gestantes y vacías, es debido, fundamentalmente a un mayor peso de las vísceras. Al mayor peso de las vísceras contribuyó, en primer lugar, la diferencia en el peso de las ubres que fué de 1,36 y 0,84 Kg en las LI y LF, frente a 0,29 y 0,27 Kg en las ovejas G y V, respectivamente. El descenso de peso de las ubres a medida que avanza la lactación ha sido observado por numerosos autores (Cowan y col., 1980a; Cowan y col., 1981b; Geenty y Sykes, 1986). Es de señalar que pese a la rápida recesión del útero después del parto, a los 3-5 días de lactación (LI) su peso era similar a los 90 días de gestación.

También el tracto digestivo vacío, que representa el mayor componente en la fracción de vísceras, presentó un mayor peso en las lactantes que en las gestantes (aproximadamente 300 g) y que en las vacías (aproximadamente 600 g), siendo las diferencias estadísticamente significativas como muestra la tabla 1b. Smith y Baldwin (1974) observan un mayor peso del retículo-rumen, abomaso, intestino delgado y grueso, en vacas en lactación respecto a secas y Fell y col. (1972), en ovino, señalan que durante la lactación el tracto digestivo aumenta de tamaño y peso de forma paralela al incremento en la ingestión que se registra en este periodo.

Doreau y col. (1985) consideran que es el nivel de ingestión el factor determinante de este incremento en el peso y capacidad de los órganos digestivos durante la lactación. De hecho, las diferencias encontradas en el presente trabajo podrían deberse al mayor plano de alimentación recibido por las ovejas en esta fase. Aunque la escasez de datos no permite hacer un análisis riguroso de dicho efecto, las ovejas del Experimento 1, que durante 10 días estuvieron sometidas a un plano alto de alimentación

presentaron un mayor peso del aparato digestivo que las del bajo ( $3,25 \pm 0,105$  Kg,  $n = 6$  frente a  $2,80 \pm 0,087$  Kg,  $n = 6$   $P \leq 0,05$ ), y en el Experimento 2, las ovejas alimentadas "ad libitum" presentaron una mayor peso del tracto digestivo que las restringidas ( $3,25 \pm 0,214$ ,  $n = 3$ ; frente a  $2,74 \pm 0,089$  Kg,  $n = 9$ ,  $P \leq 0,05$ ).

En general las ovejas lactantes presentaron también un mayor peso de distintos órganos, siendo en el hígado donde fundamentalmente se pusieron de manifiesto (aproximadamente 200 g). Lodge y Heaney (1973a) encuentran también un efecto de la fase fisiológica sobre el peso del hígado. Estos autores observaron un mayor peso de este órgano en las ovejas gestantes respecto a las vacías, ambas sometidas al mismo plano de alimentación aunque únicamente a los 70 días de gestación las diferencias fueron estadísticamente significativas (817 g frente a 651 g en G y V, respectivamente).

El peso del hígado puede venir también afectado por el plano de alimentación (Keenan y col., 1969; Robinson y col., 1978; Cowan y col., 1980a), de hecho, cuando se compararon los mismos grupos a los que se hizo referencia al hablar del aparato digestivo vacío, se observó un peso del hígado superior en los planos altos de alimentación, aunque las diferencias solo fueron estadísticamente significativas en el Experimento 1.

El incremento observado en el volumen (peso) de sangre entre los 90 días de gestación ( $2,42 \pm 0,055$ ) y el día 35 de lactación ( $2,75 \pm 0,064$  Kg), es un hecho constatado por diversos autores (tabla 11). En esta tabla se pone de manifiesto también que los valores obtenidos por nosotros, cuando se expresan en función del PVV, fueron similares a los encontrados por otros autores.

El déficit energético a que fueron sometidos los animales del Experimento 2 en gestación o en lactación, no sólo se reflejó en el peso de los animales al sacrificio, como hemos visto, sino también en el peso de los depósitos grasos internos que descendió de  $3,38 \pm 0,550$  Kg (8 p. 100 del PVV) en el grupo G a  $1,45 \pm 0,246$  Kg (4 p. 100 del PVV) en el grupo LF ( $1,21 \pm 0,320$  Kg, 4 p. 100 del PVV si se consideraban sólo las 12 ovejas del Experimento 2).

**TABLA 11. Comparación de los valores de la sangre obtenidos en el presente trabajo con datos de la bibliografía.**

referencia	<u>animales</u>		<u>sangre</u>	
	especie	fase	Kg	Kg/100 Kg PYV
Robinson y col. (1978)	ovina	68 días gestación	2,90	5,0
	ovina	140 días gestación	3,50	7,0
Doize y col. (1979)	ovina	vacías y secas	3,2	5,5
Cowan y col. (1980a)	ovina	5 días lactación	3,7-4	6,0
	ovina	45 días lactación	3,6-4,3	7,0
Cowan y col. (1981b)	ovina	6 días lactación	4,3	6,8
	ovina	42 días lactación	4,1	7,5
Datos propios	ovina	90 días gestación	2,4	6,3
	ovina	3-5 días lactación	2,7	7,5
	ovina	35 días lactación	2,8	8,3
	ovina	vacías y secas	2,4	7,3



Aunque, como se ha dicho, el escaso número de animales no permite hacer un análisis riguroso del efecto plano de alimentación sobre el peso medio de grasa interna de las ovejas, aquellas sacrificadas al inicio de la lactación que habían recibido durante la gestación un plano de alimentación próximo a las necesidades teóricas, tuvieron un mayor contenido en grasa interna ( $3,62 \pm 0,671$  Kg) que las que habían recibido un plano equivalente al 80 p. 100 de dichas necesidades ( $1,77 \pm 0,580$  Kg), siendo de destacar que la misma tendencia, aunque atenuada se observó a los 35 días de lactación ( $1,23 \pm 0,721$ ,  $n = 3$  frente a  $1,04 \pm 0,687$ ) a pesar de que durante la lactación las primeras recibieron alimentación restringida y las segundas "ad libitum". No obstante la variabilidad fué muy alta, como muestran los errores estandar de las medias, por lo que en ninguno de los dos casos las diferencias fueron estadísticamente significativas.

En la tabla 12 se presentan los coeficientes de alometría o crecimiento diferencial de las fracciones, canal, PPC, vísceras y depósitos grasos, respecto al PVV, obtenidos de los análisis de covarianza realizados con el fin de estudiar el efecto fase sobre el peso medio de dichas fracciones, corregido para un mismo PVV (tabla 1). Tanto las variables independientes como la covariada se expresaron en forma logarítmica, considerando como coeficiente de alometría a la pendiente común a todos los grupos o fases a estudio.

Los valores de la tabla 12 ponen de manifiesto que los cambios en el peso vivo vacío de las ovejas vienen acompañados de cambios proporcionales del peso de la canal, siendo mucho mayores las variaciones relativas de los depósitos de grasa interna y menores las de las vísceras y la fracción que incluye a la piel, extremidades y cabeza, resultados que confirman los obtenidos por otros autores (Brody, 1945; Smith y Baldwin, 1974; Cowan y col., 1980b)

#### 1.2.2.- Composición química del cuerpo

Los valores ajustados para un mismo PVV común a todas las fases o expresados en función del PV o PVV (tablas 3 y 4) ponen de manifiesto la mayor hidratación de los animales LF respecto al

**TABLA 12. Coeficientes de alometría del peso de las distintas fracciones a estudio, en relación al PVY de los animales.**

<u>Fracción</u>	<u>Coeficiente de alometría</u>
Canal	1.05 $\pm$ 0.031
PPC	0.62 $\pm$ 0.053
Grasa Interna	3.68 $\pm$ 0.347
Perirrenal	4.04 $\pm$ 0.452
Mesenterica-Omental	3.56 $\pm$ 0.346
Vísceras	0.65 $\pm$ 0.076

resto de los grupos. Resultados similares se obtienen si se consideran únicamente en animales del Experimento 2; en este caso, el contenido en agua del cuerpo vacío en porcentaje del PVV fué del 57,4 p. 100  $\pm$  1,49; 60,2 p. 100  $\pm$  1,45; 66,7 p. 100  $\pm$  1,26 y 61,7 p. 100  $\pm$  1,45 en las ovejas G, LI, LF y V, respectivamente.

Russel y col. (1968) en ovejas gestantes subnutridas, encontraron un incremento en la hidratación de los tejidos desde la cubrición (60,9 p. 100 PVV) a la última semana antes del parto (67,1 p. 100 PVV), al igual que Robinson y col. (1978). En lactación Cowan y col. (1979) obtienen un porcentaje de agua en el PVV del 58 p. 100 a los 12 días post-parto y del 71 p. 100 a los 111 días de lactación.

La mayor hidratación de los animales en lactación se refleja en todas las fracciones en que se divide el cuerpo del animal, en las cuales, las LF presentan un contenido en agua aproximadamente de 4 unidades porcentuales superior a las gestantes, siendo de destacar que el grado de hidratación de los depósitos grasos es del 30 p. 100 del peso de este depósito en LF y del 12 p. 100 en G.

El porcentaje de grasa de las ovejas gestantes (22,6 p. 100 del PVV) indica un estado de engrasamiento de los animales al inicio de la Experiencia 2 que puede considerarse intermedio en el rango de los valores que se encuentran en la bibliografía (17-28 p. 100 del PVV, Cowan y col., 1981; Tissier y col., 1983).

El contenido en lípidos siguió una evolución inversa a la del agua, pasando de 9,1  $\pm$  1,15 Kg en las ovejas del grupo G a 7,4  $\pm$  0,98 Kg; 4,7  $\pm$  0,54 Kg y 5,7  $\pm$  0,81 Kg en las ovejas de los grupos LI, LF y V, respectivamente. Si se considera únicamente el Experimento 2, la cantidad media de grasa del grupo LF fué todavía menor (3,8  $\pm$  0,74 Kg), lo que ratifica la deplección de las reservas que tuvo lugar en este experimento.

Pérdidas de lípidos superiores, de hasta el 90 p. 100 de las reservas iniciales han sido encontradas por Sykes (1974) entre la cubrición y las 6 semanas post-parto, en ovejas pastando en zonas de escasa disponibilidad de hierba y de baja calidad. En

lactación, Cowan y col. (1979) observaron pérdidas medias de grasa de 6,9 Kg (76 p. 100 del contenido inicial) desde las 12 a los 41 días de lactación en ovejas criando dos corderos y alimentadas a un nivel de próximo a 2 veces las necesidades de mantenimiento. En una publicación posterior, Cowan y col. (1980a) con ovejas de 68 Kg de P.V. sometidas a un plano alto durante gestación y alimentadas "ad libitum" en lactación, con una dieta de bajo contenido energético (1,88 Mcal/Kg MS) observaron una diferencia en el contenido en grasa de 13 Kg entre las 5 y las 45 días de lactación.

Las ovejas sacrificados a los 3-5 días post-parto en el Experimento 2, que habían recibido durante la gestación un plano de alimentación próximo a las necesidades teóricas, presentaron una mayor contenido en lípidos ( $10,2 \pm 1,72$  Kg, 23,9 p. 100 del PVV  $\pm 2,53$ ) que las que recibieron un plano de alimentación equivalente al 80 p. 100 de dichas necesidades ( $5,4 \pm 1,37$  Kg, 16,2 p. 100 del PVV  $\pm 3,52$ ). A los 35 días de lactación persistió dicha tendencia, aunque escasa ( $3,90 \pm 1,709$  Kg, 11,9 p. 100 del PVV  $\pm 3,74$  frente a  $3,70 \pm 1,971$  Kg, 10,2 p. 100 del PVV  $\pm 4,39$ , para los animales alimentados según las necesidades teóricas o restringidas en gestación, respectivamente), a pesar de que las primeras recibieron alimentación restringida y las segundas "ad libitum" durante la lactación.

La diferencia en el contenido en grasa se refleja en todas las fracciones a estudio, de hecho, las gestantes presentan aproximadamente 2 Kg más de grasa en la canal y depósitos grasos que las LF, lo que supone una diferencia de 7 y 20 unidades porcentuales cuando ésta se expresa en función del peso de la canal o los depósitos grasos, respectivamente.

Hay que señalar, que en general, el contenido en grasa de las vísceras puede estar algo sobrevalorado ya que la separación de la grasa mesentérica unida a las paredes del intestino grueso se realizó en caliente, por lo que pudo quedar incluida parte de la grasa interna en la fracción vísceras.

El contenido en grasa de las distintas fracciones estuvo altamente correlacionada con el contenido total de grasa del cuerpo. En la tabla 13 se presentan las ecuaciones de regresión obtenidas al ajustar los datos al modelo de Huxley ( $y = ax^b$ ) transformada

**TABLA 13. Relación entre el contenido en grasa de las distintas fracciones (y, Kg) y el contenido total en grasa del cuerpo (x, Kg), aplicando el modelo  $\log y = \log a + b \log x$**

Fracción	$\log a$	b	r
Canal	- 0,213	0,935	0,991
PPC	- 0,612	0,367	0,846
Depósitos. Grasos	- 1,230	1,756	0,979
Vísceras	- 0,639	0,610	0,910

en forma logarítmica ( $\log y = \log a + b \log x$ ).

Los coeficientes de regresión, o alometría en este caso, ponen de manifiesto que los cambios en la grasa corporal implican cambios mas pronunciados en los depósitos de grasa interna y menos pronunciados en la cantidad de grasa ligada a la fracción vísceras y PPC, en tanto que la grasa de la canal sigue una evolución paralela a la total. Estos resultados coinciden con los de Cowan y col. (1980a), quienes sin embargo, encuentran una evolución curvilínea de la grasa de los depósitos de grasa interna con el contenido total de grasa del cuerpo, lo que indica que, aunque los cambios en la grasa corporal implican cambios relativamente siempre superiores en los depósitos de grasa interna respecto a las otras fracciones, el efecto es más pronunciado en ovejas con menores reservas grasas. En nuestro caso, la introducción de un término cuadrático no fué significativa en ninguna de las relaciones establecidas.

El contenido energético del cuerpo evolucionó de forma paralela a la grasa por ser esta el componente de mayor valor calórico.

No se observaron cambios importantes a nivel del contenido en proteína y cenizas del cuerpo (tablas 3 y 4). De hecho, en valores absolutos no se manifestaron diferencias significativas, y aunque se manifestaron diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de proteína bruta del P.V.V., estas no superaron una unidad porcentual entre los valores extremos.

Todos los datos de la bibliografía ponen de manifiesto que las variaciones de la proteína corporal son de menor magnitud que las de la grasa. Robinson y col. (1978) no encuentran, en el ganado ovino, variaciones significativas del contenido en proteína entre el cuarto y quinto mes de gestación, ni entre planos de alimentación durante el mismo periodo. Cowan y col. (1979) ponen de manifiesto una pérdida de proteína de 16 g/día entre los 12 y 41 días de lactación en ovejas que recibieron una ración con un contenido en proteína bruta del 15,1 p. 100. Esta pérdida de proteína representó un 5 p. 100 del contenido inicial, frente a 76 p. 100 de grasa inicial movilizada. Geenty y Sykes (1986) observan una movilización máxima de 0,8 Kg entre el parto y las 6 semanas de lactación en animales que perdieron 7,1 Kg de grasa en el mismo periodo.

En la tabla 14 se presentan los coeficientes de alometría de los distintos componentes químicos y de la energía, en relación al PVV. Como en el caso del peso de los órganos y fracciones, se han tomado como coeficientes de alometría, los coeficientes de regresión obtenidos de los análisis de covarianza realizados para estudiar el efecto fase sobre los valores medios de la composición química del cuerpo vacío, ajustados para un mismo PVV, (tabla 3) En dichos análisis, tanto las variables independientes como la dependiente se consideraron en forma logarítmica. En la tabla se presentan también los valores obtenidos por otros autores.

Las relaciones alométricas entre los distintos componentes químicos o la energía y el PVV no variaron con la fase fisiológica (pendiente común) salvo en el caso de la proteína. Aun cuando hay ligeras diferencias entre nuestros valores y los obtenidos por los distintos autores, el coeficiente de alometría de la grasa la energía es siempre superior a la unidad y al de los otros componentes, lo que supone que un cambio en el PVV se traduce en cambios relativamente superiores en el contenido en lípidos y energía del cuerpo vacío.

Es de destacar que los coeficientes alométricos del agua y la proteína obtenidos en nuestro trabajo y por los autores citados son por lo general claramente inferiores a los obtenidos en estudios realizados con animales en crecimiento (Reid y col. 1968; Castrillo, 1979)

#### 1.2.2.1.- Composición del cuerpo magro.

El mayor porcentaje de agua en el CMV que presentan las ovejas gestantes (tabla 7) es debido exclusivamente al contenido del útero grávido, ya que al considerar el cuerpo materno (CMV4), el porcentaje de agua de las gestantes se iguala al de las vacías presentando ambos valores inferiores a las lactantes. La mayor hidratación de los animales en lactación se siguió manifestando cuando en el cuerpo magro no se consideró el contenido del útero y ubre (CMV5) ni de la sangre (CMV6) (tabla 8), aunque en este último caso no se observaron diferencias estadísticamente significativas

**TABLA 14. Coeficientes de alometría de los componentes químicos del cuerpo en relación al PVV obtenidos por distintos autores y en el presente trabajo.**

Referencias	Animales	Coeficiente de alometría				
	Especie y Fase	Agua	Lípidos	Proteína	Cenizas	Energía
Reid y col. (1968)	ovina crecim	0,740	1,988	0,801	---	1,590
Rattray y col. (1976)	ovina vacío	0,499	2,388	0,665	0,426	---
Rattray y col. (1974b)	ovina gestante	0,899	1,410	0,418	0,403	---
Cowan y col. (1980b)	ovina lactante	---	3,305	0,576	---	---
Datos propios	ovina varias	0,607	2,941	S*	0,575	2,036

(\*) No se presenta un coeficiente de alometría común porque hubo diferencias estadísticamente significativas entre las pendientes correspondientes a cada fase, siendo los valores obtenidos para cada una de ellas de: S = 0,424 (G); 0,706 (LI); 0,745 (LF) y 0,539 (V).



entre fases. Dada la pequeña variación del contenido en cenizas del cuerpo magro vacío, el cociente agua/proteína siguió la misma tendencia que el contenido en agua del cuerpo magro, aunque las diferencias entre fases en este cociente fueron estadísticamente significativas incluso cuando se consideró el CMV6.

En la bibliografía se encuentran referencias en el sentido de un mayor contenido en agua del CMV materno de los animales al final de la gestación (Robinson y col., 1978; Rattray y col., 1980) y en lactación (Sykes, 1974; Geenty y Sykes 1986), respecto a animales al inicio de la gestación o no gestantes ni lactantes.

Los resultados muestran que las diferencias en el grado de hidratación del cuerpo magro vendrían explicadas en gran parte por las variaciones en el tamaño de los órganos reproductivos y en su composición y por la variación del volumen sanguíneo. Heaney y Lodge (1975) indican que las diferencias en el tamaño y composición del útero y la ubre explican la mayor hidratación de las ovejas al final de la gestación, en tanto que Robinson y col. (1978), Houseman y col. (1978) y Rattray y col. (1980) trabajando con ovino gestante, señalan que el incremento del contenido en agua del cuerpo magro a lo largo de la gestación, es mayor que el que puede deberse a las ganancias en sangre y peso de la ubre en este periodo.

A pesar de las diferencias observadas en la composición del CMV, los valores extremos obtenidos referentes al contenido en agua, difieren como mucho el 1,5 unidades porcentuales. Diferencias superiores han sido encontradas por, Foot y col. (1979) entre ovejas Blackface lactantes (76 p. 100 de agua en el cuerpo magro) y secas (74 p. 100) y por Cowan y col. (1979) entre ovejas a los 12 días de lactación, (72 p. 100 de agua) y ovejas a los 41 días de lactación (74 p. 100 de agua), sin que fueran estadísticamente significativas. Hay que señalar que los valores medios obtenidos por estos autores presentaron un error standard próximo a la unidad y por lo tanto muy superiores a los obtenidos en el presente trabajo (entre 0,1 y 0,3). No obstante, los últimos autores citados encontraron diferencias estadísticamente significativas en el cociente agua/proteína que fué de 2,94 y de 3,36 en las ovejas sacrificadas a los 12 y 41 días de lactación,

respectivamente.

Como se observa en la figura 4, la evolución de la concentración del agua en el CMV materno muestra una tendencia a descender con el grado de engrasamiento de las ovejas (porcentaje de grasa en el PVV materno), siendo incluso estadísticamente significativo el coeficiente de correlación entre dichas variables ( $r = -0,4$ ,  $p. \leq 0,005$ ). Ya Reid y col. (1968), señalan que la composición del cuerpo magro está asociada con el peso de la grasa corporal. Posteriormente, distintos autores han observado que la proporción de agua en el cuerpo magro es mayor en los animales menos engrasados (Foot, 1969; Robelin y Geay, 1978; Farrell y Reardon, 1972; Foot y col., 1979).

No obstante, en nuestro caso, el grado de engrasamiento se confunde con el efecto fase y cuando para estudiar este se intentó ajustar las medias por covarianza para un mismo grado de engrasamiento, el análisis puso de manifiesto que la variación en el contenido en agua del CMV explicada por la covariada (grasa p. 100 PVV4), no fué estadísticamente significativa. De hecho, las ovejas gestantes y vacías, con diferencias altamente significativas en el porcentaje de grasa del cuerpo vacío, no presentaron diferencias la proporción del agua del CMV. Sheng y Huggins (1979) en una revisión sobre el tema, señalan que la proporción de agua del CM es independiente de la cantidad de grasa del cuerpo.

A pesar de las diferencias estadísticamente significativas encontradas entre fases en el contenido en proteína, cualquiera que fuera el CMV considerado (tablas 8 y 9), en ningún caso los valores medios extremos difirieron en más de 1 unidad porcentual. El contenido en cenizas, presentó también escasas variaciones, no observándose diferencias significativas entre grupos excepto cuando se consideró el CMV3.

Los valores medios obtenidos para el total de 60 animales F1 (considerando el cuerpo magro vacío materno) fueron de 74,78 p. 100  $\pm$  0,130 ; 19,42 p. 100  $\pm$  0,090; 5,80 p. 100  $\pm$  0,070 para la proporción de agua, proteína y cenizas, respectivamente, muy similares a las encontradas por Reid y col. (1968) en un total de 221 ovejas (74,89 p. 100  $\pm$  1,02; 20,35 p. 100  $\pm$  0,84 y 4,76 p. 100  $\pm$  0,67, respectivamente) y por

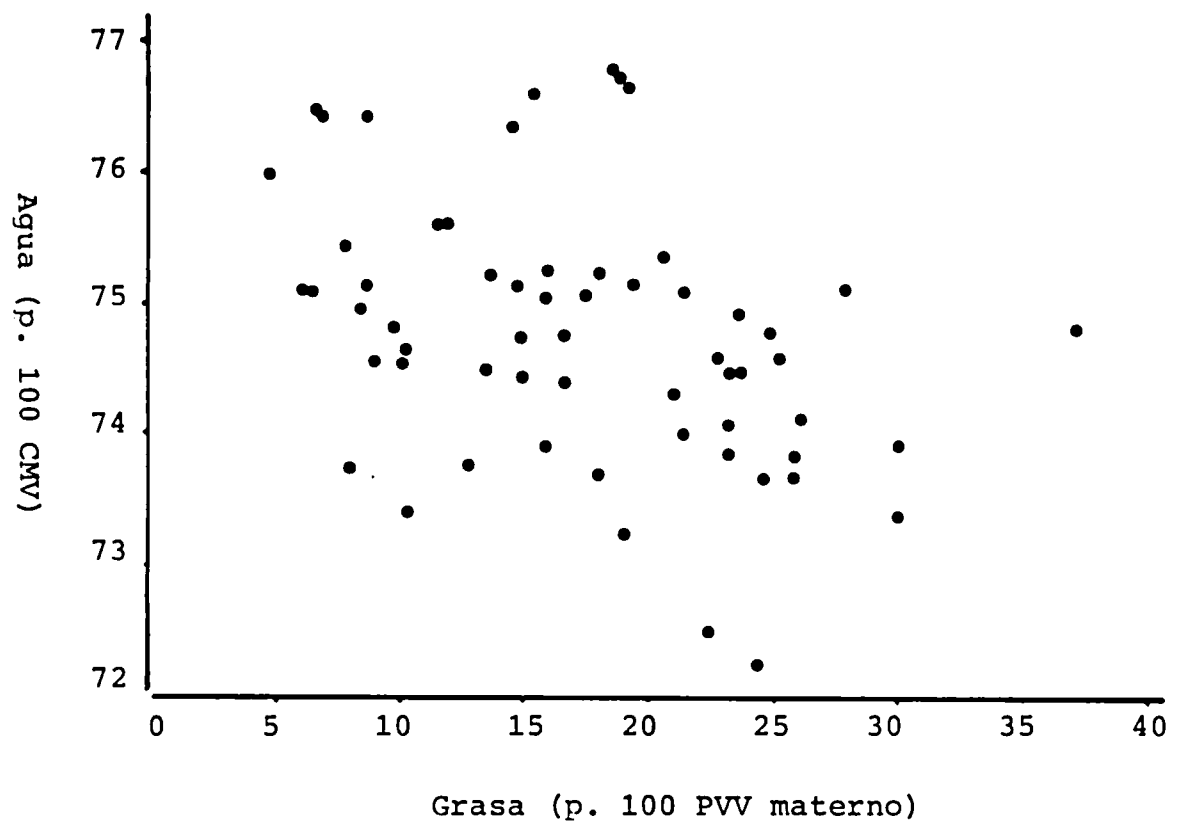


Figura 4 .- Relación entre el contenido en agua del cuerpo magro vacío y el porcentaje de lípidos en el cuerpo vacío materno.

Rattray y col. (1974b) en ovejas adultas gestantes y vacías (74,9 p. 100  $\pm$  0,006; 19,8 p. 100  $\pm$  0,004 y 5,4 p. 100  $\pm$  0,003, respectivamente).

Cuando se consideró la composición del cuerpo magro vacío y seco, esto es, la proporción de cenizas y proteína en relación a la suma de ambos componentes, no se observaron diferencias significativas entre fases (tabla 9). Las ovejas F1 presentaron un porcentaje medio de proteína bruta de 73,03 p. 100  $\pm$  0,20 (considerando únicamente el cuerpo materno), ligeramente inferior al encontrado por Rattray y col. (1973c y 1974b) en ovejas Targhee y cruces de Targhee con Finnish-Landrace (80,2 p 100 y 78,8 p. 100  $\pm$  0,09, respectivamente); por Reid y col. (1968), utilizando distintas razas de ganado ovino (81,1 p. 100  $\pm$  2,40) y por Cowan y col. (1981b) en ovejas Finnish-Landrace x Dorset Horn (83,4 p. 100  $\pm$  0,004).

Aunque como se ha dicho, las diferencias entre fases en el porcentaje de cenizas tampoco fueron significativas, se observó una tendencia a ser superior en las ovejas vacías respecto al resto de los grupos, tendencia observada también por Sykes (1974) al comparar ovejas a la cubrición y a mitad de lactación y por Foot y col. (1979) entre ovejas vacías (25,6 p. 100) y en lactación (20,7 p. 100). Este último valor es muy similar al encontrado por Cowan y col. (1979) en ovejas en distintas fases de lactación (20 p. 100).

### 1.2.3.- Equivalente calórico de la grasa y la proteína del cuerpo vacío y de las distintas fracciones.

Los valores calóricos obtenidos en el presente trabajo fueron estimados calculando la grasa por diferencia entre la MS y el contenido en ceniza y proteína bruta. Cuando los cálculos del valor calórico se hicieron considerando la grasa determinada químicamente en lugar de por diferencia, los valores obtenidos para la grasa y la proteína fueron de 9,05  $\pm$  0,127 y 6,10  $\pm$  0,700 Kcal/g, respectivamente, siendo el ajuste de la ecuación algo inferior ( $R^2=0.993$ , RSD = 2.968 Mcal., c.v.=3,29 p. 100) a cuando se consideró la grasa por diferencia ( $R^2 = 0,999$ , RSD = 2,384 Mcal,

c.v. = 2.648 p. 100)

Comparando los resultados obtenidos en el presente trabajo con los valores calóricos que figuran en la tabla 15 se observa que el obtenido para la proteína (5,53 Kcal/g) está dentro del rango de los valores referidos en la bibliografía (entre 5,32 obtenido por Blaxter y Rook, 1953 y 5,94 obtenido por Odwongo y col., 1984 ambos en vacuno), siendo prácticamente el mismo que los valores encontrados por Garrett y col. (1959), Garrett e Hinman (1969) en vacuno y Rattray y col. (1973a) y Geenty y Sykes (1986), en ovino.

En cuanto a la grasa, el equivalente calórico estimado por nosotros (9,12 Kcal/g) es similar al obtenido por Ørskov y McDonald (1970); Castrillo (1986) y Geenty y Sykes (1986) en ovino, pero inferior al resto de los valores encontrados por los distintos autores, a los cuales se asemeja el equivalente calórico de la grasa obtenido en la fracción de los depósitos grasos (9,46 Kcal/g).

Es difícil establecer comparaciones de los valores calóricos de la grasa y proteína de las distintas fracciones, con los encontrados por otros autores, ya que, generalmente no se refieren a los mismos componentes. Paladines y col., (1964) obtienen un valor calórico de la PB de 5,43; 5,46, y 5,53 Kcal/g y de GB de 9,31; 9,31 y 9,42 Kcal/g para las fracciones, vísceras (incluida grasa mesentérica), piel y canal (media canal, incluyendo media cabeza, 1 riñón y grasa perirrenal), respectivamente. Rattray y col. (1974a) obtienen para la canal unos equivalentes calóricos de 5,55 Kcal/g PB y 9,19 Kcal/g GB y para la fracción que agrupa a las vísceras, la piel, las patas y la cabeza, de 5,58 Kcal/g PB y 9,26 Kcal/g GB. En ambos trabajos se obtienen valores más próximos para las distintas fracciones que los encontrados por nosotros (tabla 10).

**TABLA 15. Equivalente calórico de la proteína y la grasa  
(Kcal/g) del cuerpo vacío de los animales.**

Referencias	Proteína Kcal/g	Grasa Kcal/g
Rubner (1885)	5,66	9,50
Armsby (1917)	5,70	9,50
Blaxter y Rook (1953)	5,32	9,37
Garret y col. (1959)	5,57	9,35
Paladines y col. (1968)	5,38	9,41
Reid y col. (1968)	5,41	9,41
Langlands y Sutherland (1969)	5,43	9,30
Garret e Hinman (1969)	5,54	9,39
Ørskov y McDonald (1970)	5,35	9,08
Rattray y col. (1973a)	5,61	9,31
Kleiber (1975)	5,70	9,50
Webster (1977)	5,70	9,40
Van Es (1977)	5,70	9,50
ARC (1980)	5,64	9,39
Odwongo y col. (1984)	5,93	9,23
Castrillo (1986)	5,84	9,13
Geenty y Sykes (1986)	5,54	9,15
Datos propios	5,53	9,12

## 2.- RELACION ENTRE LOS DISTINTOS COMPONENTES CORPORALES

### 2.1.- Resultados.

#### 2.1.1.- Relación entre el porcentaje de grasa y agua del cuerpo.

En la tabla 16 se presentan las ecuaciones obtenidas al relacionar los porcentajes de grasa y agua del cuerpo, expresados en relación al peso vivo al sacrificio (PV1), al peso vivo al sacrificio de los animales esquilados y ordeñados (PV3), al peso vivo vacío de los animales esquilados y ordeñados (PVV3) y a éste último menos la carga fetal en los animales gestantes (PVV4). Todas las relaciones se establecieron con 60 ovejas F1, sin tener en cuenta el efecto fase.

Cualquiera que sea el peso considerado, la variación del contenido en agua del cuerpo explicó más del 93 p. 100 de la variación del contenido en lípidos. La relación mejoró al considerar las ovejas esquiladas y ordeñadas en el caso de los lactantes ( $r^2 = 0,966$ ). Tanto el contenido digestivo como la carga fetal afectaron en menor medida a la relación, aunque cuando se consideró exclusivamente el peso y composición de la madre, la proporción de agua explicó el 98 p. 100 de la variación del porcentaje de lípidos, siendo el coeficiente de variación asociado a la regresión de 5,61 p. 100. Incluso cuando se consideraron únicamente las ovejas gestantes ( $n = 14$ ), el expresar los componentes en función del PVV3 o PVV4 supuso una escasa mejoría en el  $r^2$  y c.v. (de 0,973 a 0,981 y de 5,82 a 4,66, respectivamente).

Se estudió el efecto de la fase fisiológica sobre la relación entre los porcentajes de lípidos y agua del cuerpo, mediante análisis de covarianza en los que se consideró la variable independiente como covariada. Los resultados se presentan en la tabla 17 en forma de regresión con pendiente común y diferentes ordenadas en el origen, una por cada fase. Las ordenadas en el origen figuran con distinta letra cuando se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las fases

correspondientes, ajustadas por covarianza. Cuando en dicho análisis se manifestaron diferencias entre pendientes, se establecieron ecuaciones por separado para cada fase o fases.

Se puso de manifiesto un efecto fase, en todas las relaciones estudiadas, aunque la cantidad de varianza explicada por dicho efecto fue escasa, tal y como se observa al comparar los  $r^2$ , RSD y c.v. de las ecuaciones de la tabla 17 con los de la tabla 16.

Cuando la composición se expresó en función del peso vivo al sacrificio (PV1), las ovejas G y LI presentaron alrededor de un 2 p. 100 más de grasa que las LF y V, para un mismo contenido en agua (ecuación 1). Al referir la composición al PV3, las ovejas de las fases G y LI siguen presentando, para un mismo contenido en agua, un mayor porcentaje en lípidos que las LF (0,8 y 1,2 p. 100, respectivamente) (ecuación 2a). Por su parte las vacías (ecuación 2b) presentaron una mayor (+0,5 p. 100) o menor (-1,5 p. 100) proporción de grasa que las LF para contenidos en agua extremos (60 y 70 p. 100 del PV3, respectivamente).

Al expresar el contenido en lípidos y agua en función del PVV3 se puso de manifiesto que, para un mismo porcentaje de agua, las gestantes presentan un 1 p. 100 más de grasa que las lactantes y éstas un 1 p. 100 más que las vacías y al referir ambos componentes al PVV4 (no considerando la carga fetal en las gestantes), las vacías continuaron presentando una menor proporción de grasa que el resto, aunque las diferencias sólo fueron estadísticamente significativas respecto a las lactantes, ya que las gestantes también presentaron un menor porcentaje de lípidos que LI y LF, siendo las diferencias estadísticamente significativas respecto a esta última fase.

En la tabla 18 se presentan las relaciones entre el porcentaje de grasa y agua expresados en relación al PVV5 y PVV6, respectivamente, obtenidas a partir de los datos de las ovejas sacrificadas en el Experimento 2. Se incluye también la ecuación resultante al considerar la composición en relación al PVV4 para el mismo número de animales. Se observa una escasa mejoría en la relación cuando ambos componentes se expresaron en función del PVV5 ( $r^2 = 0,984$ , c.v. = 5,45 p. 100) y del PVV6 ( $r^2 = 0,985$ , c.v. =



**Relación entre los porcentajes de grasa (y) y de agua del cuerpo (x)**  
**(n = 60 ovejas F1).**

nº ecuación	Forma de Expresión Variables	Ordenada origen	Coeficiente regresión	r <sup>2</sup>	RSD	C.V.(p.100).
(1)	p.100 PV1	91,284	- 1,186 ± 0,0423	0,9312	1,5603	11,64
(2)	p.100 PV3	91,140	- 1,166 ± 0,0287	0,9662	1,1098	8,10
(3)	p.100 PVV3	95,191	- 1,254 ± 0,0264	0,9749	1,0958	6,49
(4)	p.100 PVV4	93,910	- 1,238 ± 0,2200	0,9820	0,9700	5,61

**Tabla 17 Relación entre el porcentaje de grasa (y) y agua (x) del cuerpo teniendo en cuenta el efecto fase. (n = 60 ovejas).**

Nº	ECUACION	FASE	ORDENADA ORIGEN	COEFICIENTE REGRESION	r <sup>2</sup>	RSD	C.V. (p.100).
(1)	p.100 PV1	G	88,608 <sup>a</sup>	- 1,127 ± 0,0380	0,943	1,276	9,52
		LI	88,375 <sup>a</sup>	"	"	"	"
		LF	86,686 <sup>b</sup>	"	"	"	"
		ȳ	86,291 <sup>b</sup>	"	"	"	"
(2a)	p.100 PV3	G	89,381 <sup>a</sup>	- 1,112 ± 0,0285	0,971	0,9178	6,69
		LI	88,946 <sup>a</sup>	"	"	"	"
		LF	88,154 <sup>b</sup>	"	"	"	"
		ȳ	99,748	- 1,298 ± 0,0611	0,982	0,7469	5,45
(3)	p.100 PVV3	G	95,405 <sup>a</sup>	- 1,244 ± 0,0225	0,978	0,9257	5,48
		LI	94,536 <sup>b</sup>	"	"	"	"
		LF	94,608 <sup>b</sup>	"	"	"	"
		ȳ	93,435 <sup>c</sup>	"	"	"	"
(4)	p.100 PVV4	G	95,331 <sup>ac</sup>	- 1,267 ± 0,0241	0,98 <sup>6</sup>	0,8782	5,08
		LI	95,923 <sup>ab</sup>	"	"	"	"
		LF	96,114 <sup>b</sup>	"	"	"	"
		ȳ	94,854 <sup>c</sup>	"	"	"	"

**Tabla 18 Relaciones entre los porcentaje de grasa y de agua del cuerpo (n = 48 Experimento 2).**

nº ecuación	Forma de Expresión Variables	Ordenada origen	Coeficiente regresión	$r^2$	RSD	C.V. (p.100)
(1)	p.100 PVV4	94,884	- 1,256 ± 0,0241	0,9832	0,9821	5,50
(2)	p.100 PVV5	95,009	- 1,261 ± 0,0238	0,9838	0,9866	5,45
(3)	p.100 PVV6	95,997	- 1,292 ± 0,0233	0,9853	0,9916	5,09

5,09 p. 100), en lugar del PVV4 ( $r^2 = 0,983$ , c.v. = 5,50 p. 100). Se siguieron observando diferencias significativas entre fases al considerar la composición del PVV4 ( $n = 48$ ) y sin embargo, no se encontraron tales diferencias cuando las relaciones se establecieron en función del PVV5 y PVV6, por lo que las ecuaciones (2) y (3) de la tabla 18, son comunes a todas las fases.

#### 2.1.2.- Predicción de la composición corporal y contenido energético a partir del peso vivo y el contenido en agua del cuerpo.

En las tablas 19, 20 y 21 se presentan las relaciones entre contenido en lípidos, proteína y energía del cuerpo (Kg o Mcal), respectivamente, y el peso vivo (PV1, PV3) o peso vivo vacío (PVV3, PVV4) y el agua del cuerpo total (ACT) o del cuerpo vacío (ACV3, ACV4), ambas variables independientes expresadas en Kg ( $n = 60$  ovejas F1).

En la tabla 22 se presentan las relaciones obtenidas al considerar el cuerpo de los animales sin órganos reproductivos (PVV5, ACV5) y sin sangre (PVV6, ACV6), para las 48 ovejas pertenecientes al Experimento 2. En ésta tabla se incluyen también las relaciones establecidas con PVV4 y ACV4, para el mismo número de animales.

El peso vivo al sacrificio explicó por si solo el 67 p. 100 o el 68 p. 100 de la variación del contenido en lípidos, según se considere los animales con lana, o sin lana y ordeñados, respectivamente. Cuando la relación se estableció con el PVV3 aumentó considerablemente la proporción de la varianza explicada (80 p. 100), sin embargo la RSD y el c.v. continuaron siendo elevados (1,67 Kg y 26 p. 100, respectivamente). El hecho de no incluir el peso de la carga fetal, no tuvo prácticamente efecto en la relación (RSD = 1,62 Kg ; c.v. = 25 p. 100).

Al introducir el agua del cuerpo como segunda variable independiente en las ecuaciones de regresión, la RSD disminuyó en aproximadamente un 70 p. 100, explicando ambas variables más del 96

**Tabla 19 Relación entre el contenido en lípidos (Kg) y el peso vivo y el contenido en agua del cuerpo (Kg) n = 60 ovejas Fl.**

Nº Ecuación	VARIABLES INDEPENDIENTES		ORDENADA ORIGEN	COEFICIENTES REGRESION			RSD	C.V. (P.100)
	X1	X2		b1	b2	r <sup>2</sup>		
(1)	PV1	_____	- 13,837	0,438 ± 0,0405	_____	0,668	2,110	32,71
(2)	PV3	_____	- 13,700	0,446 ± 0,0398	_____	0,684	2,061	31,95
(3)	PVV3	_____	- 11,754	0,503 ± 0,0338	_____	0,792	1,670	25,89
(4)	PVV4	_____	- 13,333	0,559 ± 0,0362	_____	0,804	1,620	25,12
(5)	PV1	ACT	- 3,047	0,915 ± 0,0245	1,088 ± 0,0475	0,968	0,667	10,34
(6)	PV3	ACT	- 2,469	0,921 ± 0,0155	- 1,084 ± 0,0299	0,987	0,425	6,58
(7)	PVV3	ACV3	- 1,733	0,938 ± 0,0143	1,152 ± 0,0329	0,991	0,355	5,50
(8)	PVV4	ACV4	- 1,089	0,937 ± 0,0127	- 1,184 ± 0,0325	0,992	0,331	5,13

**Tabla 20** Relación entre el contenido en proteína (Kg) y el peso vivo y el contenido en agua del cuerpo n = 60 ovejas F1.

Nº Ecuación	VARIABLES INDEPENDIENTES		ORDENADA ORIGEN	COEFICIENTES REGRESION			r <sup>2</sup>	RSD	C. V. (P. 100)
	X1	X2		b1		b2			
(1)	PV1		1,940	0,080 ± 0,0062		_____	0,740	0,323	5,74
(2)	PV3		2,037	0,079 ± 0,0064		_____	0,727	0,331	5,88
(3)	PVY3		2,542	0,085 ± 0,0063		_____	0,762	0,309	5,48
(4)	PVY4		2,218	0,096 ± 0,0063		_____	0,801	0,283	5,01
(5)	PV1	ACT	1,949	0,080 ± 0,0120	-0,001 ± 0,0001		0,740	0,326	5,80
(6)	PV3	ACT	1,985	0,077 ± 0,0122	0,005 ± 0,0235		0,730	0,333	5,92
(7)	PVY3	ACV3	1,705	0,049 ± 0,0113	0,096 ± 0,0259		0,809	0,278	4,96
(8)	PVY4	ACV4	0,737	0,050 ± 0,0081	0,143 ± 0,0205		0,893	0,209	3,72

**Tabla 21** Relación entre el contenido en energía (Mcal), y el peso vivo y el contenido en agua del cuerpo n = 60 ovejas Fl.

Nº	VARIABLES		ORDENADA	COEFICIENTES			r <sup>2</sup>	RSD	C.V. (p.100)
	INDEPENDIENTES			REGRESION					
Ecuación	X1	X2	ORIGEN	b1	b2				
(1)	PV1	—	- 118,500	4,501 ± 0,3535	—	0,735	18,484	20,57	
(2)	PV3	—	- 116,734	4,567 ± 0,3472	—	0,749	17,987	20,02	
(3)	PVV3	—	- 94,934	0,105 ± 0,2805	—	0,851	13,857	15,42	
(4)	PVV4	—	- 110,708	5,663 ± 0,2977	—	0,862	13,341	14,85	
(5)	PV1	ACT	- 24,320	8,663 ± 0,2211	- 9,497 ± 0,4297	0,972	6,028	6,71	
(6)	PV3	ACT	- 18,895	8,712 ± 0,1400	- 9,444 ± 0,2707	0,989	3,837	4,27	
(7)	PVV3	ACV3	- 12,330	8,688 ± 0,1351	- 9,493 ± 0,3097	0,992	3,343	3,72	
(8)	PVV4	ACV4	- 10,972	8,749 ± 0,1281	- 9,649 ± 0,3264	0,992	3,330	3,71	

**Tabla 22 Relaciones entre el contenido en lípidos (Kg), proteína (Kg) y Energía (Mcal) y el peso vivo y el contenido en agua del cuerpo (Kg) (n = 48 ovejas Experimento 2).**

	COEFICIENTES DE REGRESION						ORDENADA	r <sup>2</sup>	RSD	C.V.(P.100)
	PVY4	PVY5	PVY6	ACV4	ACV5	ACV6	ORIGEN			
LIPIDOS (Kg)	0,946 ±0,0144	---	---	- 1,198 ±0,0386	---	---	- 1,311	0,993	0,339	5,08
	---	0,951 ±0,0144	---	---	- 1,216 ±0,0391	---	- 0,947	0,992	0,340	5,15
	---	---	0,960 ±0,0137	---	---	- 1,241 ±0,0385	- 0,939	0,994	0,316	4,78
PROTEINA (Kg)	0,049 ±0,0093	---	---	0,141 ±0,0248	---	---	0,852	0,884	0,218	3,91
	---	0,044 ±0,0097	---	---	0,154 ±0,0264	---	0,724	0,867	0,229	4,21
	---	---	0,036 ±0,0089	---	---	0,174 ±0,025	0,652	0,882	0,206	4,08
ENERGIA (Mcal)	8,806 ±0,1534	---	---	- 9,757 ±0,4108	---	---	-10,976	0,991	3,608	3,94
	---	8,833 ±0,1528	---	---	- 9,870 ±0,4150	---	- 9,615	0,991	3,611	4,00
	---	---	8,951 ±0,1812	---	---	- 10,099 ±0,5103	- 8,525	0,988	4,182	4,69



p. 100 de la variación del contenido el lípidos, cualquiera que sea el peso vivo y el contenido en agua del cuerpo considerados. El hecho de sustraer al peso vivo el de la lana, supuso un descenso de la RSD de 667 a 425 g y cuando se consideró el cuerpo vacío descendió a 355 g (PVV3, ACV3) y 331 g PVV4, ACV4) (c.v. del 5,5 p. 100 y 5,1 p. 100, respectivamente).

En cuanto al contenido en proteína del cuerpo, el peso vivo al sacrificio explicó por sí sólo el 74 p. 100 de la variación de la proteína corporal. Cuando la relación se estableció con el PVV3 aumentó ligeramente la proporción de la varianza explicada (76 p.100), obteniéndose un RSD de 309 g, lo que supuso un coeficiente de variación del 5,5 p. 100. El hecho de no incluir el peso de la carga fetal en las gestantes (PVV4) también aumentó ligeramente la seguridad de predicción (RSD = 283 g. c.v. = 5,0 p. 100).

La introducción como segunda variable independiente del agua del cuerpo (ACT) junto al peso vivo al sacrificio (PV1 o PV3) no mejoró la seguridad de predicción. Sin embargo, al introducir el agua del cuerpo vacío junto al PVV3, el  $R^2$  aumentó a 0,81 y descendió ligera pero significativamente la RSD a 280 g (c.v. = 5,0 p. 100). También resultó significativa la inclusión del ACV4 junto al PVV4, explicando ambas variables el 89 p. 100 de la variación del contenido en proteína (RSD = 209 g, c.v. = 3,7 p. 100).

El peso vivo al sacrificio explicó el 73 p. 100 o el 75 p. 100 de la variación del contenido en energía del cuerpo, según se considere a los animales con lana o esquilados y ordeñados, respectivamente. Al eliminar el factor de variación del contenido digestivo, mejoró la relación. Así, con el PVV3 el  $R^2$  aumentó a 0,85 y el c.v. disminuyó de aproximadamente un 20 p. 100 (PV3) a un 15 p. 100 (PVV3). El hecho de no incluir el peso de la carga fetal no tuvo prácticamente efecto en la relación ( $R^2$  de 0,86 y c.v. de 14,9 p. 100).

Al introducir el agua del cuerpo como segunda variable independiente en las ecuaciones de regresión, disminuyó la RSD considerablemente (aproximadamente un 70 p. 100). Ambas variables explicaron más del 97 p. 100 de la variación del contenido

energético del cuerpo, cualquiera que sea el peso y contenido en agua considerados. Con PVV4 y ACV4, el c.v. alcanzó un valor mínimo de 3,71 p. 100 ( $RSD = 3,330$  Mcal,  $R^2 = 0,992$ ).

Con el empleo del PVV5 y el ACV5 o del PVV6 y el ACV6, la seguridad de predicción tanto de los lípidos, como de la proteína y de la energía, fue similar a la obtenida con PVV4 y ACV4 para ese mismo número de animales (tabla 22).

Como en el apartado anterior (2.1.1.), se estudió el efecto de la fase fisiológica sobre las relaciones que figuran en las tablas 19 a la 22, mediante análisis de covarianza en el que las variables independientes (el peso y en contenido en agua del cuerpo), se consideraron como covariadas. Cuando no se pusieron de manifiesto diferencias estadísticamente significativas debido al efecto fase en ninguna de las dos pendientes, se estableció una misma ecuación de regresión con distintas ordenadas en el origen (una para cada fase). Cuando el análisis puso de manifiesto diferencias en alguna de las dos pendientes, se establecieron ecuaciones por separado para cada fase o fases. El estudio se realizó considerando las dos variables independientes o covariadas simultáneamente, ya que explican una mayor cantidad de variación de las variables dependientes a estudio que cuando se considera el peso de los animales como única variable predictora (tablas 19 a 22). Sólo en el caso de la predicción del contenido en proteína del cuerpo el estudio se realizó considerando el peso (PV1 o PV3), como única covariada ya que la introducción del contenido en agua del cuerpo como segunda variable independiente no supuso una mejora en el ajuste de las regresiones (tabla 20). En las tablas 23, 24 y 25 figuran los resultados relativos a la predicción del contenido en lípidos, proteína y energía respectivamente.

Al considerar el efecto fase, aumentó de forma estadísticamente significativa el porcentaje de variación del contenido en lípidos, proteína y energía del cuerpo que es explicado por el peso de los animales y su contenido en agua, lo cual se reflejó en un descenso en las RSD y en los c.v.. El grado de aumento en la precisión varió según las variables independientes consideradas. En el caso de los lípidos y la energía, las mejoras más evidentes resultaron al considerar el PV3 y ACT, observándose un descenso del coeficiente de variación de 6,58 p. 100 (tabla 19)

**TABLA 23** Efecto de la fase fisiológica sobre la predicción del contenido en lípidos del cuerpo (n = 60 ovejas F1).

VARIABLES INDEPENDIENTES				ORDENADA ORIGEN	COEFICIENTE REGRESION				
	X1	X2	FASE		b1	b2	R <sup>2</sup>	RSD	C. V. (P.100).
(1a)	PV1	ACT	G	- 6,250	0,930 ± 0,0504	- 1,005 ± 0,1117	0,976	0,728	7,96
(1b)			LI	- 0,548a	0,858 ± 0,0246	- 1,070 ± 0,0445	0,971	0,504	8,94
			LF	- 1,320b	"	"	"	"	"
			V	- 1,337b	"	"	"	"	"
(2a)	PV3	ACT	G	- 5,826	0,936 ± 0,0277	- 0,998 ± 0,0611	0,993	0,402	4,40
(2b)			LI	- 0,873a	0,863 ± 0,0156	- 1,044 ± 0,0294	0,991	0,288	5,14
			LF	- 1,243b	"	"	"	"	"
(2c)			V	- 1,421	1,014 ± 0,0290	- 1,270 ± 0,0423	0,994	0,219	3,83
(3a)	PVV3	ACV3	G	- 4,424	0,941 ± 0,0217	- 1,045 ± 0,0613	0,995	0,339	3,71
(3b)			LI	- 0,391a	0,942 ± 0,0171	- 1,220 ± 0,0376	0,990	0,287	5,10
			LF	- 0,365a	"	"	"	"	"
			V	- 0,727b	"	"	"	"	"
(4)	PVV4	ACV4	G	- 3,760	0,953 ± 0,0240	- 1,095 ± 0,0840	0,995	0,315	3,45

**Efecto de la fase fisiológica sobre la predicción del contenido en proteína del cuerpo (n = 60 ovejas F1).**

VARIABLES INDEPENDIENTE				COEFICIENTES REGRESION					
X1	X2	FASE	ORDENADA	b1	b2	R <sup>2</sup>	RSD	C.V. (P.100)	
(1a)	PV1	G	3,420	0,050 ± 0,0103	—	0,659	0,253	4,24	
(1b)		LI	0,737 <sup>a</sup>	0,102 ± 0,0074	—	0,840	0,284	5,14	
		LF	0,963 <sup>b</sup>	"	—	"	"	"	
		V	1,182 <sup>c</sup>	"	—	"	"	"	
(2a)	PV3	G	3,531	0,048 ± 0,0109	—	0,621	0,267	4,47	
(2b)		LI	0,720	0,104 ± 0,0076	—	0,841	0,283	5,12	
		LF	0,997	"	—	"	"	"	
		V	1,197	"	—	"	"	"	
(3a)	PVY3	ACV3	G	3,529	0,064 ± 0,0157	- 0,011 ± 0,0443	0,707	0,244	4,10
(3b)			LI-LF	0,412	0,054 ± 0,0099	0,149 ± 0,0299	0,947	0,164	2,96
(3c)			V	0,636	- 0,017 ± 0,0129	0,264 ± 0,0238	0,969	0,097	1,77
(4)	PVY4	ACV4	G	2,649	0,046 ± 0,0164	0,068 ± 0,0572	0,775	0,215	3,60

**TABLA 25** Efecto de la fase fisiológica sobre la predicción del contenido en energía del cuerpo (n = 60 ovejas F1).

VARIABLES INDEPENDIENTES				COEFICIENTES						
				ORDENADA	REGRESION					
	X1	X2	FASE	ORIGEN	b1	b2	R <sup>2</sup>	RSD	C. V. (P.100)	
(1a)	PV1	ACT	G	- 49,285	9,001 ± 0,4640	- 9,179 ± 1,029	0,979	6,700	5,72	
(1b)			LI	- 3,640 <sup>a</sup>	8,036 ± 0,2190	- 9,114 ± 0,398	0,975	4,495	5,51	
			LF	- 10,219 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"	
			V	- 9,528 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"	
(2a)	PV3	ACT	G	- 45,363	9,033 ± 0,2854	- 9,076 ± 0,6299	0,992	4,144	3,54	
(2b)			LI	- 4,343 <sup>a</sup>	8,300 ± 0,1732	- 9,278 ± 0,4825	0,991	2,723	3,34	
			LF	- 6,694 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"	
			V	- 7,749 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"	
(3a)	PVV3	ACV3	G	- 31,916	9,170 ± 0,2357	- 9,515 ± 0,6649	0,994	3,677	3,14	
(3b)			LI	- 6,307 <sup>a</sup>	8,358 ± 0,1540	- 9,189 ± 0,3389	0,992	2,585	3,17	
			LF	- 7,448 <sup>a</sup>	"	"	"	"	"	
			V	- 9,784 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"	

**TABLA 26 Efecto de la fase fisiológica sobre la predicción del contenido en proteína (ecuaciones 1 y 2) y del contenido en energía (ecuaciones 3 y 4) del cuerpo (n = 48 ovejas Experimento 2).**

VARIABLES				COEFICIENTES					
INDEPENDIENTE		ORDENADA		REGRESION					
X1	X2	FASE	ORIGEN	b1	b2	R <sup>2</sup>	RSD	C.V. (P.100)	
(1)	PVV5	ACV5	G	1,055 <sup>a</sup>	0,032 ± 0,0098	0,167 ± 0,0240	0,880	0,198	3,64
			LI	0,791 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"
			LF	0,746 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"
			V	0,997 <sup>a</sup>	"	"	"	"	"
(2)	PVV6	ACV6	G	1,014	0,025 ± 0,0091	0,181 ± 0,0233	0,883	0,182	3,61
			LI	0,800	"	"	"	"	"
			LF	0,728	"	"	"	"	"
			V	0,942	"	"	"	"	"
(3a)	PVV5	ACV5	G -	27,241	9,177 ± 0,2745	- 9,632 ± 0,9625	0,994	3,539	3,04
(3b)			LI -	4,498 <sup>a</sup>	8,229 ± 0,1880	- 9,064 ± 0,4066	0,990	2,788	3,51
			LF -	7,160 <sup>ab</sup>	"	"	"	"	"
			V -	8,029 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"
(4a)	PVV6	ACV6	G -	27,510	9,183 ± 0,2768	- 9,566 ± 1,0083	0,994	3,459	3,01
(4b)			L -	4,236 <sup>a</sup>	8,403 ± 0,2331	- 9,225 ± 0,5256	0,980	3,448	4,38
			LF -	8,701 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"
			V -	10,868 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"

a 4,40 p. 100 (G), 5,14 p. 100 (LI y LF) y 3,83 p. 100 (V), en las ecuaciones correspondientes a los lípidos y de 4,27 p. 100 (tabla 121) a 3,54 p. 100 (G) y 3,34 p. 100 (LI, LF y V), en las relativas a la energía.

En las ecuaciones de predicción del contenido en proteína, las mejorías más evidentes se obtuvieron al considerar el PVV3 y ACV3, observándose un descenso del coeficiente de variación de 4,96 p. 100 (tabla 20) a 4,10 p. 100 (G), 2,96 p. 100 (LI y LF) y 1,77 p. 100 (V).

Hay que señalar que cuando se consideraron las variables PVV5 y ACV5 o PVV6 y ACV6 como predictoras del contenido en lípidos, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre fases, ni en las ordenadas en el origen ni en ambos coeficientes de regresión, mientras que sí las hubo en la predicción de la proteína y energía corporal (tabla 26), aunque la mejoría introducida en las predicciones fue también de escasa relevancia, como se pone de manifiesto al comparar los coeficientes de variación de la tabla 26 con los de la tabla 22.

## 2.2- Discusión.

### 2.2.1.- Relación entre el porcentaje de grasa y el agua del cuerpo.

La ecuación obtenida en el presente trabajo entre el contenido en lípidos y el contenido en agua del cuerpo de los animales esquilados y ordeñados, para un total de 60 ovejas F1 [(grasa p. 100 PV3) =  $92,140 - 1,166$  (agua p. 100 PV3),  $r = -0,983$ , c.v. = 8,10)] es muy similar a las obtenidas por Searle (1970) y por Cowan y col. (1980b) ambos expresando las variables en función del peso vivo esquilado (cuadro 5 Revisión Bibliográfica), y por Little y Morris (1972) en ganado vacuno, siendo los coeficientes de correlación del mismo orden a los obtenidos por los autores que figuran en dicho cuadro.

El contenido digestivo tuvo escaso efecto en la relación.

Tampoco Foot y col. (1979) encuentran una relación más estrecha al considerar la composición del PVV en lugar del PV en ovejas secas y lactantes (c.v. de 9,7 y 8,9 p. 100, respectivamente). Y Cowan y col. (1980b) no observaron un efecto del plano de alimentación sobre la relación lípidos/PV = f (agua/PV), a pesar de tener influencia en el peso del contenido digestivo.

El peso y la composición del útero grávido, tampoco tuvo gran efecto en la relación, ni siquiera al considerar únicamente las ovejas gestantes, en las cuales la mejoría al expresar los componentes en función del PVV4 en lugar del PVV3 ( $r = -0,981$  y  $-0,973$ , respectivamente) fué menor a la obtenida por Rattray y col. (1974b) ( $r = -0,993$  y  $-0,979$  respectivamente).

La ecuación obtenida por nosotros para el total de 60 animales, cuando la grasa y el agua se expresaron en función del PVV4 [(grasa (p. 100 PVV4) =  $93,910 - 1,238$  (agua p. 100 PVV4),  $r = -0,991$ , c.v. = 5,61)] es similar a la encontrada por Garrett e Hinman (1969) y Arnold y col. (1985) (cuadro 5, revisión), siendo el coeficiente de correlación igual a los obtenidos por Reid y col. (1968), Rattray y col. (1973c) y Rattray y col. (1974b) en ovino y Garrett e Himman (1969) y Arnold y col. (1985) en vacuno.

La relación mejoró también ligeramente, cuando se consideró la composición del PVV5 o PVV6 ( $r = -0,992$  y  $-0,993$ , respectivamente), no habiéndose encontrado datos en la bibliografía como para confrontar dichos resultados.

Foot y col. (1979) y Tissier y col. (1983), observan una ligera curvilinealidad en la relación entre el contenido en grasa y agua del cuerpo de ovejas en distintas fases del ciclo reproductivo, debido a que los animales más depleccionados presentaron un mayor contenido en lípidos de lo que podría esperarse de su contenido en agua si la relación fuese lineal. Las relaciones obtenidas en el presente trabajo entre el contenido en grasa y agua del cuerpo entero y del cuerpo vacío (figura 5 y 6, respectivamente) no muestran tal curvilinealidad. De hecho, no se obtuvo ninguna mejoría en las relaciones cuando se introdujo en éstas un término cuadrático, coincidiendo con los resultados obtenidos por Arnold y col. (1985).



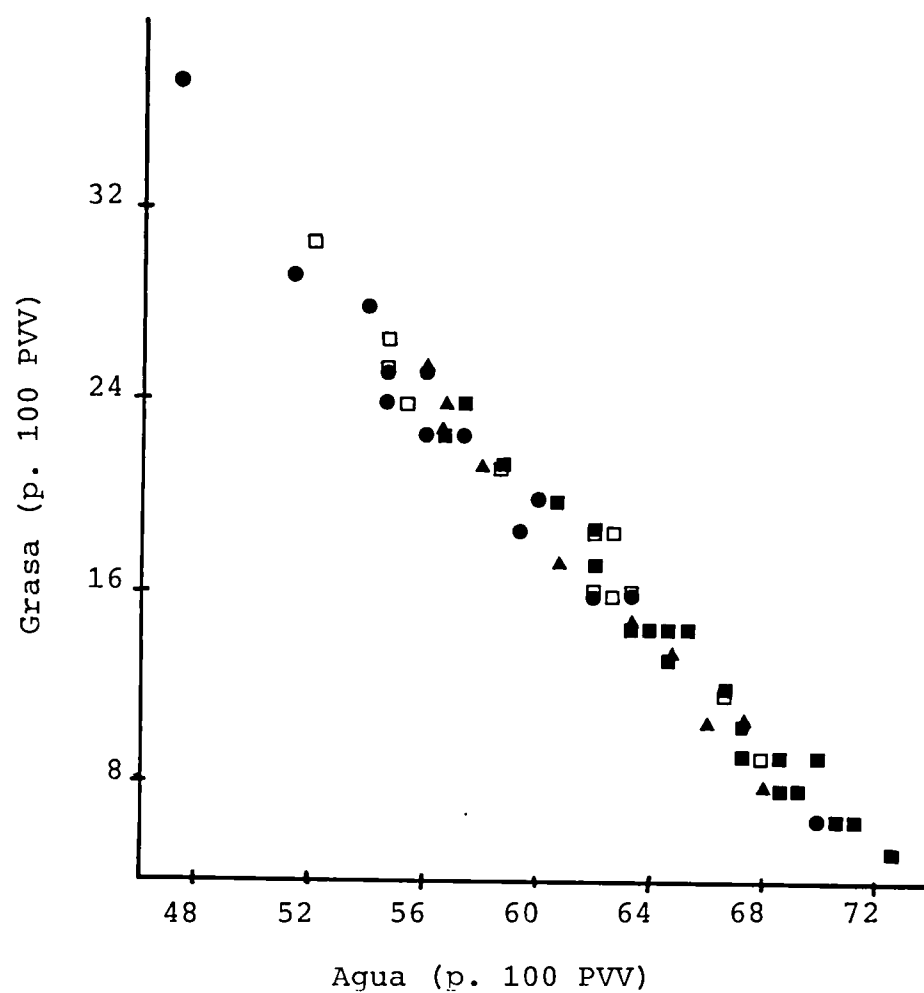


Figura 5.- Relación entre el porcentaje de grasa y agua del cuerpo vacío.

ovejas 97 d. gestación ●; 3-5 d. lactación □  
35 d. lactación ■; vacías y secas ▲.



### 2.2.2.- Predicción de la composición y contenido energético del cuerpo a partir del peso vivo y el contenido en agua del cuerpo.

A pesar de que el peso vivo explicó una gran parte de la variación del contenido en lípidos del cuerpo (67-68 p. 100), porcentaje que aumentó cuando se consideró el peso vivo vacío (80 p. 100), la estimación del contenido en lípidos a partir de ambas variables presentó una elevada variabilidad, según se refleja en las RSD (2 y 1,5 Kg) y en los coeficientes de variación (32 y 25 p. 100) obtenidos al considerar como variable independiente el PV o el PVV, respectivamente (tabla 19).

Gran parte de esta variabilidad fué explicada por el contenido en agua del cuerpo, de forma que al incluir ésta como segunda variable independiente en la ecuación de predicción, el porcentaje de variación explicado aumentó al 98 p. 100 y la RSD descendió a 425 g (c.v. = 6,58 p. 100) cuando se consideró el peso y la composición de los animales esquilados y ordeñados (tabla 19).

Es de destacar la mejoría que supuso el hecho de no considerar el peso de la lana. Hay que tener en cuenta que el incluirla o no únicamente afecta al peso del animal, ya que no se considera su composición, y como el PV viene afectado por un coeficiente de regresión próximo a 1, la variación en el peso de la lana se refleja notablemente en la RSD. En nuestras condiciones de trabajo, con animales estabulados y de bastante edad, las diferencias en el peso de la lana llegaron a ser importantes, sobre todo tras el parto, en otras circunstancias no es probable la existencia de tales variaciones. Cuando la ecuación de predicción del contenido en lípidos se estableció omitiendo aquellas ovejas con pesos de lana extremos, utilizando PV1 (n = 54), aumentó ligeramente la precisión de la estimación ( $R^2 = 0,973$ , c.v. = 9,77 p 100) pero siguió siendo inferior al encontrado con el mismo número de animales cuando la composición se refirió al PV3 ( $R^2 = 0,988$ , c.v. = 6,57 p. 100).

Son varios los autores que han encontrado una mejora significativa en la seguridad de predicción de los lípidos cuando además del peso vivo introducen el contenido en agua del cuerpo

**Tabla 27 Comparación de la estimación del contenido en lípidos a partir de las ecuaciones obtenidas por distintos autores (cuadro 7) y en el presente trabajo.**

<u>Referencia</u>	<u>nº animales</u>	<u>Variables Independientes (1)</u>	<u>Lípidos Estimados</u>
Foot y col. (1979)	62	PVe, ACT	6,11
Cowan y col. (1980b)	21	PVe, ACT	5,45
Tissier y col. (1983)	38	PV, ACT	7,11
Tissier y col. (1983) (2)	114	PV, ACT	6,80
Tissier y col. (1983) (3)	152	PV, ACT	6,90
Datos Propios	60	PV, ACT	6,40
Datos Propios	60	PVe, ACT	6,46

(1) PVe = peso vivo esquilado.

(2) Determinado a partir de los datos recogidos en la bibliografía.

(3) Determinado a partir de los datos recogidos en la bibliografía y datos obtenidos en el trabajo citado.

como segunda variable independiente. Foot y col. (1979) observaron una reducción de la RSD desde 4,258 Kg (c.v. = 65 p. 100) a 0,590 Kg (c.v. = 9,01) cuando en la ecuación de predicción del contenido en lípidos, incluyendo a un total de 62 animales (35 ovejas lactantes y 27 ovejas secas), introdujeron el agua corporal como variable predictora junto al peso al sacrificio esquilado. Cowan y col. (1980b) con 21 ovejas lactantes (10 en el quinto día post-parto y 11 a los 45 días de lactación), obtuvieron también una reducción de la RSD de 4,48 Kg a 0,83 Kg, lo que supuso un descenso en el c.v. de la ecuación de predicción de 44,9 p. 100 a 8,3 p. 100 y Tissier y col. (1983) con 38 animales en diferentes fases fisiológicas, encontraron reducciones en el c.v. de la regresión de 30,32 p. 100 a 4,63 p. 100 (cuadros 4 y 7, Revisión Bibliográfica), estos últimos autores consideran el peso de los animales con lana, aunque, como en nuestro caso, no tuvieron en cuenta su composición

En la tabla 27 se presentan los valores del contenido en lípidos de ovejas de 46 Kg de PV o 45 Kg de PV esquilado y 30 Kg de agua total (valores medios de las ovejas del presente trabajo), estimados a partir de las ecuaciones obtenidas en ganado ovino por distintos autores y en el presente trabajo. Como puede observarse los valores obtenidos son bastante próximos.

Cuando se consideró el cuerpo vacío (PVV3, ACV3) la mejora en el ajuste de la ecuación fué moderada ( $R^2 = 0,991$ ; RSD = 0,355 Kg y c.v. = 5,50 p. 100) a pesar de que los valores individuales del peso del contenido digestivo variaron entre 4,60 Kg y 13,64 Kg, y el porcentaje de su contenido de agua entre el 82,3 p. 100 y el 91,3 p. 100.

Sykes (1974), Foot y col. (1979) y Bocquier y Theriez (1984), encuentran también una escasa o nula mejora en la precisión del contenido en lípidos, cuando en lugar del peso vivo y el contenido total de agua del cuerpo, utilizan como predictores el peso vivo vacío y el agua del cuerpo vacío. Cowan y col. (1980b) observan que la inclusión de un índice del contenido digestivo, sólo mejoró ligeramente la precisión de la estimación del contenido en lípidos a partir del PV, a pesar de trabajar con animales lactantes en distinta fase (5 y 45 días post-parto) y con dietas de diferente concentración energética, que supusieron variaciones individuales en el contenido digestivo de más del 60 p. 100

(valores extremos de 10 y 29 Kg). Unicamente Smith y Sykes (1974) observaron un incremento notable en la seguridad de predicción del contenido en lípidos cuando se excluía el contenido digestivo respecto a considerar el animal entero (c.v. = 3,86 p. 100 frente a 18,25 p. 100, respectivamente).

Los resultados relativos a la predicción del contenido en energía fueron similares a los obtenidos para los lípidos, por ser éstos los mayores responsables de la variación de aquella. No obstante, las predicciones presentaron, en general, una menor variabilidad que la de los lípidos (tabla 21). Cuando se realizó a partir del PV de los animales (PV1, PV3) como única variable independiente, se obtuvo un c.v. próximo al 20 p. 100, algo superior al encontrado en ovejas adultas por Reardon (1969) a partir del PV esquilado (c.v. = 15,27 p. 100) y por Castrillo y col. (1984) en corderos (c.v. = 14,00 p. 100). El coeficiente de variación obtenido en la predicción del contenido en energía a partir del PVV (15,42 p. 100) fué similar a los obtenidos por Reid y col. (1968) (c.v. = 16,29 p. 100) y Doize y col. (1979) (c.v. = 17,89 p. 100) (cuadro 8, Revisión Bibliográfica).

Como en el caso de la predicción del contenido en lípidos, una gran parte de esta variabilidad fué explicada por el contenido en agua del cuerpo, siendo el c.v. obtenido cuando se emplearon el PV1 y el ACT como predictores (c.v. = 6,71 p. 100) superior al encontrado por Tissier y col. (1983) (c.v. = 4,96 p. 100) y Castrillo y col. (1984) (c.v. = 3,1 p. 100) ambos considerando el PV con lana. Al eliminar el factor de variación de la lana, el c.v. fue próximo al encontrado por los anteriores autores (4,27 p. 100).

El hecho de que la introducción del contenido en agua del cuerpo, además del peso vivo, no mejore de forma significativa la precisión de la estimación del contenido en proteína del cuerpo de las ovejas, ha sido observado por numerosos autores (Sykes, 1974; Donnelly y Freer, 1974; Cowan y col., 1979; Tissier y col., 1983), quienes encuentran coeficientes de variación (entre 6 y 10 p. 100) en general ligeramente superiores a los obtenidos por nosotros (5,8 p. 100, tabla 20), en la estimación del contenido en proteína a partir del peso vivo como única variable predictora.

No se han encontrado trabajos en la bibliografía en los que al utilizar el contenido en agua del cuerpo vacío junto al PVV, como predictor del contenido en proteína del cuerpo de las ovejas, aumente de forma significativa la precisión de la estimación. En cualquier caso, la mejora por nosotros encontrada supuso únicamente una reducción de la RSD de aproximadamente 50 g (tabla 15). En corderos, Castrillo y col. (1984) obtuvieron unos coeficientes de variación de 4,1 y 4,0 p 100 cuando consideraron el PV y ACT o PVV y ACV, respectivamente.

### 2.2.3.- Influencia de la fase fisiológica sobre las relaciones entre los distintos componentes corporales.

Las diferencias encontradas en la composición del cuerpo magro se reflejaron en la relación entre el porcentaje de agua y grasa del cuerpo, que definió de forma significativa entre fases, excepto cuando se consideró la composición del cuerpo sin órganos reproductivos (PVV5) o sin éstos y la sangre (PVV6). Cuando ambos componentes se expresaron en función del PV al sacrificio, gestantes y lactantes inicio presentaron un mayor contenido en grasa que LF y V, para un mismo contenido en agua. Cuando la composición se expresó en función del PVV materno (sin considerar la carga fetal de las gestantes), las ovejas lactantes presentaron, una mayor proporción de grasa que gestantes y vacías (tabla 12). En cualquier caso, el incremento en el porcentaje de varianza explicada al considerar el efecto fase, en ningún momento fué superior al 1,5 unidades porcentuales. Son escasas las referencias bibliográficas en las que se estudie el efecto de la fase fisiológica sobre dichas relaciones. Cowan y col. (1980b) señalan que la relación entre la grasa y el agua en función del PV, no varía significativamente entre los distintos estadios de lactación. (5 y 45 días post-parto). Tampoco Roberts y Coward (1985) encuentran diferencias entre los distintos periodos de lactación, trabajando con ratas, pero sí entre lactantes y secas.

La precisión de la estimación del contenido en lípidos del cuerpo a partir del PV (PV1 y PV3) y del contenido total de agua (ACT), mejora de forma estadísticamente significativa cuando se

considera el efecto de la fase fisiológica o momento de sacrificio de los animales.

Para un mismo peso vivo y contenido en agua del cuerpo, y dentro del rango de valores obtenidos en el presente trabajo, las ovejas gestantes y al inicio de la lactación presentaron una mayor contenido en lípidos que las lactantes final y vacías, hecho ya constatado al estudiar la relación entre el contenido en lípidos y el agua del cuerpo. Considerando un PV al sacrificio y ACT media de 46 Kg y 30 Kg, respectivamente, a partir de la ecuación 1 (a y b) de la tabla 23, se obtiene un contenido en lípidos de 6,38; 6,82; 6,05 y 6,03 Kg, para las ovejas G, LI, LF y V, respectivamente. Con el PV3, es decir, con el PV esquilado, y el ACT, se reducen las diferencias aunque sigue persistiendo la misma tendencia (6,35; 6,64; 6,27 y 6,11 Kg para G, LI, LF y V, respectivamente, ecuación 2 (tabla 23).

Son muy pocos los autores que han estudiado el efecto de la fase fisiológica sobre las relaciones entre el contenido en lípidos del cuerpo y el peso vivo y contenido en agua del cuerpo.

Cowan y col. (1979, 1980b), trabajando con ovejas en distintos estadios de lactación, desde el inicio hasta los 111 días de lactación, obtienen ecuaciones de predicción comunes, independientemente del momento de sacrificio. Sykes (1974), sin hacer un estudio explícito del efecto fase, encuentra sin embargo, ecuaciones diferentes para ovejas vacías y a mitad de la lactación, si bien hay que señalar que las ovejas lactantes presentaban un grado de emaciación extremo (contenido en grasa =  $0,88 \pm 0,730$  Kg) y la ecuación presentó un elevadísimo coeficiente de variación (c.v. = 63 p. 100).

Los dos trabajos en los que más se ha incidido sobre el factor a estudio es en el de Tissier y col. (1983), con un total de 38 ovejas sacrificadas en 4 fases fisiológicas diferentes: secas, gestantes (dos últimos meses) y primera y sexta semana de lactación, y en el de Bocquier y Theriez (1984), con 43 ovejas secas y en lactación (3 y 42 días post-parto) entre las que se incluyen las del primer trabajo citado.

En ambos se pone de manifiesto que la relación entre el contenido en lípidos y el peso vivo y contenido en agua del cuerpo



de las ovejas, mejora de forma significativa cuando se tiene en cuenta el efecto fase. En el primero de los trabajos, se indica que para un mismo peso vivo y contenido en agua del cuerpo, las ovejas gestantes presentan un mayor contenido en lípidos que las lactantes, y, a diferencia de los resultados obtenidos por nosotros, éstas (tanto gestantes como lactantes) presentan un menor contenido en lípidos que las secas, lo que es difícil de explicar teniendo en cuenta que las ovejas secas presentan, al igual que en el presente trabajo, un menor porcentaje de agua en el cuerpo magro, por lo que les correspondería un menor contenido en lípidos para un mismo peso vivo y contenido en agua. En efecto, teniendo en cuenta que:  $\text{Lípidos (Kg)} = \text{PV (Kg)} - \text{Cuerpo Magro (Kg)}$ , para un porcentaje de agua en el cuerpo magro (K), la ecuación se transforma en:  $\text{Lípidos (Kg)} = \text{PV (Kg)} - 1/K \text{ Agua (Kg)}$ , por lo que el contenido en lípidos para un mismo contenido en agua, sería tanto menor cuanto menor fuese la proporción de agua del cuerpo magro.

La diferencia entre las ovejas lactantes se anuló prácticamente cuando se consideró la composición del cuerpo vacío, aunque persistieran las diferencias entre estas, las gestantes y las vacías (tabla 18). Tissier y col. (1983) y Bocquier y Theriez (1984) también observan que las diferencias obtenidas en la predicción de lípidos, según el estado fisiológico, no se explican únicamente por las variaciones existentes en el contenido en agua del tracto digestivo. Si bien estos autores no presentan el grado de significación de las diferencias entre cada una de las constantes de la ecuación, se observa que, como en nuestro caso, éstas son mínimas entre las ovejas lactantes.

Tissier y col. (1983) señalan como factor principal de las diferencias entre fases, la presencia del útero grávido de las ovejas gestantes, ya que al relacionar el contenido de lípidos con el PVV sin el peso del útero grávido y el agua del cuerpo vacío sin el agua de dicho contenido, no se pusieron de manifiesto diferencias significativas entre fases. Sin embargo, en nuestro caso, las diferencias entre fases persistieron cuando se descontó el peso y la composición de la carga fetal, (ecuaciones 3 y 4, tabla 23).

Bocquier y Theriez (1984) señalan que probablemente la

diferencia entre vacias y lactantes, en lo que a las ecuaciones de predicción se refiere, podría explicarse por el peso y contenido en agua de los órganos reproductivos (en su caso la ubre por trabajar únicamente con lactantes y secas) lo que está de acuerdo con nuestros resultados, ya que no se detectaron diferencias entre fases cuando se consideró el PVV5 y ACV5 y PVV6 y ACV6.

En cuanto a la estimación del contenido en energía del cuerpo, hay que señalar que el estado fisiológico afectó significativamente a todas las relaciones establecidas, independientemente del peso y agua considerados (tabla 25). Como en el caso de los lípidos, para un mismo peso y contenido de agua, las ovejas gestantes y al inicio de la lactación, presentaron un mayor contenido energético que las lactantes final y vacias. También se manifestaron diferencias significativas entre fases en las ecuaciones de predicción del contenido en proteína establecidas a partir del PV o en función del PVV y ACV (tablas 24 y 26), a diferencia de Cowan y col. (1979) y Tissier y col. (1983) quienes no observan un efecto del estado fisiológico sobre la estimación del contenido en proteína del cuerpo. En cualquier caso, la utilización de ecuaciones distintas para cada fase únicamente supuso un escaso incremento en la seguridad de predicción de dichos componentes.

### 3.- PREDICCIÓN DEL CONTENIDO EN AGUA DEL CUERPO A PARTIR DEL ESPACIO DE DIFUSIÓN DEL ÓXIDO DE DEUTERIO.

#### 3.1.- Resultados.

En este apartado se presentan los resultados relativos al estudio de la evolución de la concentración del marcador en el agua del organismo, analizando el efecto del plano de alimentación y de la fase fisiológica sobre el tiempo que tarda el marcador en alcanzar el equilibrio, la vida media de este y el "turnover" o tasa de renovación del agua. Así mismo, se aborda el estudio de la precisión en la estimación del volumen de agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del óxido de deuterio ( $D_2O$ ), según el método empleado para el cálculo de éste y el efecto de los factores anteriormente mencionados sobre tales relaciones.

#### 3.1.1.- Evolución de la concentración del $D_2O$ en sangre y otros fluidos orgánicos: tiempo de equilibrio y vida media del marcador en el organismo.

La determinación del tiempo de equilibrio del marcador en el agua del organismo se llevó a cabo mediante el estudio de la evolución de la concentración del  $D_2O$  en distintos fluidos corporales (sangre, leche, orina, líquido de rumen) durante 31 horas después de la infusión. Se puede considerar que el marcador ha alcanzado el equilibrio cuando su concentración es similar en todos los compartimentos hídricos del cuerpo y en particular en los fluidos a estudio.

Por otra parte, una vez que el marcador alcanza el equilibrio, la evolución de su concentración en el agua del organismo con el tiempo sigue una cinética de primer orden, descrita por la ecuación  $C = C_0 e^{-kt}$  en la que  $C_0$  y  $C$  representan las concentraciones del marcador en el momento de la infusión y en el tiempo  $t$ , respectivamente, y  $k$  es el ritmo fraccional de

renovación del pool ( $h^{-1}$ ) (ver apartado 2.2.3.1.2, revisión bibliográfica). El tiempo de equilibrio ha sido también determinado basándose en el mejor ajuste de dicha función para definir la evolución de la concentración del marcador en el agua de la sange. Para ello se han comparado los ajustes a la función estimados excluyendo la concentración del marcador en sucesivas horas.

### Experimento 1.

Como se especifica en Material y Métodos, en este experimento se siguió la evolución de la concentración del marcador en el agua del plasma, leche y orina de 8 ovejas, durante 31 horas después de su infusión.

Los animales que habían recibido una dieta de forraje/concentrado (60/40) "ad libitum" durante los primeros 35 días de lactación, se dividieron en dos lotes hasta su sacrificio 10-12 días más tarde. Uno de éstos lotes continuó recibiendo la dieta "ad libitum" (plano de alimentación próximo a 3,5 veces las necesidades de mantenimiento) y al otro se le restringió al 50 p. 100 (1,75 veces mantenimiento).

Se estudió el efecto del plano de alimentación sobre la evolución de la concentración del marcador en los distintos fluidos orgánicos recogidos y sobre el tiempo que tarda en alcanzar el equilibrio en el agua corporal.

En la tabla 28 se presentan las concentraciones medias (p.1000) del óxido de deuterio en las muestras de sangre, leche y orina recogidas a las 2, 3, 4, 5, 7, 27, 29 y 31 horas después de la infusión y el resultado del análisis de varianza efectuado dentro de cada plano de alimentación y para cada hora de muestreo con el fin de analizar la posible existencia de diferencias entre las concentraciones registradas en los distintos fluidos a estudio. Se utilizó el modelo  $X_{ij} = \mu + F_j + I_i + \epsilon_{ij}$  en el que  $F_j$  representa el efecto tipo de fluido,  $I_i$  representa el efecto individuo, y  $\epsilon_{ij}$  el efecto residual. La figura 7 muestra la evolución de la concentración del marcador en cada fluido y para cada plano de alimentación.

Las concentraciones en sangre y leche siguieron una evolución paralela con el tiempo, no observándose diferencias estadísticamente significativas entre ellas a ninguna de las horas de muestreo y en ninguno de los planos de alimentación. Las concentraciones del marcador en orina siguieron una evolución anómala, encontrándose valores significativamente superiores a los restantes fluidos.

Como puede observarse en la figura 7, los animales del plano de alimentación alto mostraron concentraciones en sangre y leche ligeramente inferiores a las del plano bajo. Las diferencias se hicieron más manifiestas cuando los valores fueron ajustados por covarianza para un coeficiente dosis/cantidad de agua corporal (g/Kg) común (tabla 29), aunque en ningún caso llegaron a ser estadísticamente significativas.

Cuando se relacionaron los valores de la concentración del óxido de deuterio en el agua de la sangre, obtenidos para cada animal, con el tiempo, según la función  $\log_{10} C = \log_{10} C_0 - bt$ , los ajustes no se vieron afectados por el número de tomas considerado en la relación, como puede observarse en la tabla 30 en la que se presenta los resultados de los análisis de varianza efectuados para comparar los  $r^2$  y RSD medios obtenidos al considerar todas las concentraciones o eliminando de una en una desde las 2 horas a la obtenida a las 5 horas post-infusión del marcador.

Tanto en el plano alto como en el bajo, la evolución de la concentración del marcador en el agua de la sangre mostró un estrecho ajuste a la función desde las primeras horas ( $r > 0,99$ ). No obstante la exclusión de la primera toma (2 horas) supuso un ligero aumento del coeficiente de correlación y un descenso de la RSD.

En la tabla 31 se presentan los valores medios, del ritmo fraccional de renovación ( $k$ ), obtenido al considerar todas las concentraciones a partir de las 3 h. post-infusión, así como de la tasa de renovación del agua (tasa de renovación = Kg de agua  $\times k$ ) y de la vida media del marcador en el organismo ( $T_{1/2} = 0,693/k$ ).

**TABLA 28. Concentraciones medias (p.1000) de D<sub>2</sub>O obtenidas en distintos fluidos corporales. Comparación de medias entre fluidos, dentro de cada plano de alimentación (n=4 animales/plano de alimentación).**

Horas de Muestreo	PLANO ALTO					PLANO BAJO				
	Sangre	Leche	Orina	RSD	P	Sangre	Leche	Orina	RSD	P
2h	1,108	1,093	1,190	0,1124	NS	1,135 <sup>a</sup>	1,122 <sup>a</sup>	1,310 <sup>b</sup>	0,0333	***
3h	1,093 <sup>a</sup>	1,092 <sup>a</sup>	1,207 <sup>b</sup>	0,0155	***	1,108 <sup>a</sup>	1,113 <sup>a</sup>	1,158 <sup>b</sup>	0,0228	*
4h	1,078 <sup>a</sup>	1,076 <sup>a</sup>	1,138 <sup>b</sup>	0,0211	**	1,091	1,096	1,178	0,0535	NS
5h	1,078 <sup>a</sup>	1,063 <sup>a</sup>	1,134 <sup>b</sup>	0,0168	***	1,080 <sup>a</sup>	1,091 <sup>a</sup>	1,243 <sup>b</sup>	0,0655	*
7h	1,071 <sup>a</sup>	1,066 <sup>a</sup>	1,129 <sup>b</sup>	0,0241	*	1,072 <sup>a</sup>	1,070 <sup>a</sup>	1,197 <sup>b</sup>	0,0768	**
27h	0,890 <sup>a</sup>	0,887 <sup>a</sup>	1,045 <sup>b</sup>	0,0263	***	0,884 <sup>a</sup>	0,870 <sup>a</sup>	1,192 <sup>b</sup>	0,1125	***
29h	0,878	0,867	0,913	0,0275	NS	0,877 <sup>a</sup>	0,860 <sup>a</sup>	1,051 <sup>b</sup>	0,0638	**
31h	0,878 <sup>a</sup>	0,869 <sup>a</sup>	0,919 <sup>b</sup>	0,0217	*	0,873 <sup>a</sup>	0,873 <sup>a</sup>	0,998 <sup>b</sup>	0,0467	**

Los valores con distinta letra presentan diferencias estadísticamente dignificativas. (p<0,05)

\*\*\* p<0,005    \*\* p<0,01    \* p<0,05    NS p>0,05

Los valores con distinta letra dentro de cada plano y fila, presentaron diferencias estadísticamente significativas (P≤0,05)    \*\*\* P<0,005    \*\*P<0,01    \*P<0,05

**Tabla 29. Concentraciones medias de D2O (p. 1000) en distintos fluidos orgánicos corregidas por covarianza para un cociente dosis/agua corporal común a todas las ovejas. Comparación de medias entre planos, dentro de cada fluido. (n = 4 animales/plano de alimentación Experimento 1).**

Horas de Muestreo	SANGRE				LECHE				ORINA			
	Pl.Alto	Pl.Bajo	RSD	P	Pl.Alto	Pl.Bajo	RSD	P	Pl.Alto	Pl.Bajo	RSD	P
2h	1,093	1,149	0,0374	NS	1,064	1,151	0,0663	NS	1,159	1,341	0,1140	NS
3h	1,080	1,121	0,0245	NS	1,065	1,139	0,0374	NS	1,182	1,184	0,0400	NS
4h	1,065	1,105	0,0265	NS	1,050	1,122	0,0480	NS	1,112	1,204	0,1010	NS
5h	1,064	1,095	0,0200	NS	1,037	1,117	0,0265	NS	1,108	1,268	0,1000	NS
7h	1,057	1,086	0,0173	NS	1,040	1,096	0,0480	NS	1,104	1,222	0,1000	NS
27h	0,876	0,898	0,0224	NS	0,861	0,896	0,0742	NS	1,038	1,199	0,1082	NS
29h	0,864	0,891	0,0173	NS	0,842	0,885	0,0600	NS	0,882	1,082	0,1082	NS
31h	0,862	0,893	0,0173	NS	0,841	0,901	0,0548	NS	0,890	1,027	0,0837	NS

Los valores con distinta letra dentro de cada plano y fila, presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ) \*\*\*  $P < 0,005$  \*\* $P < 0,01$  \* $P < 0,05$

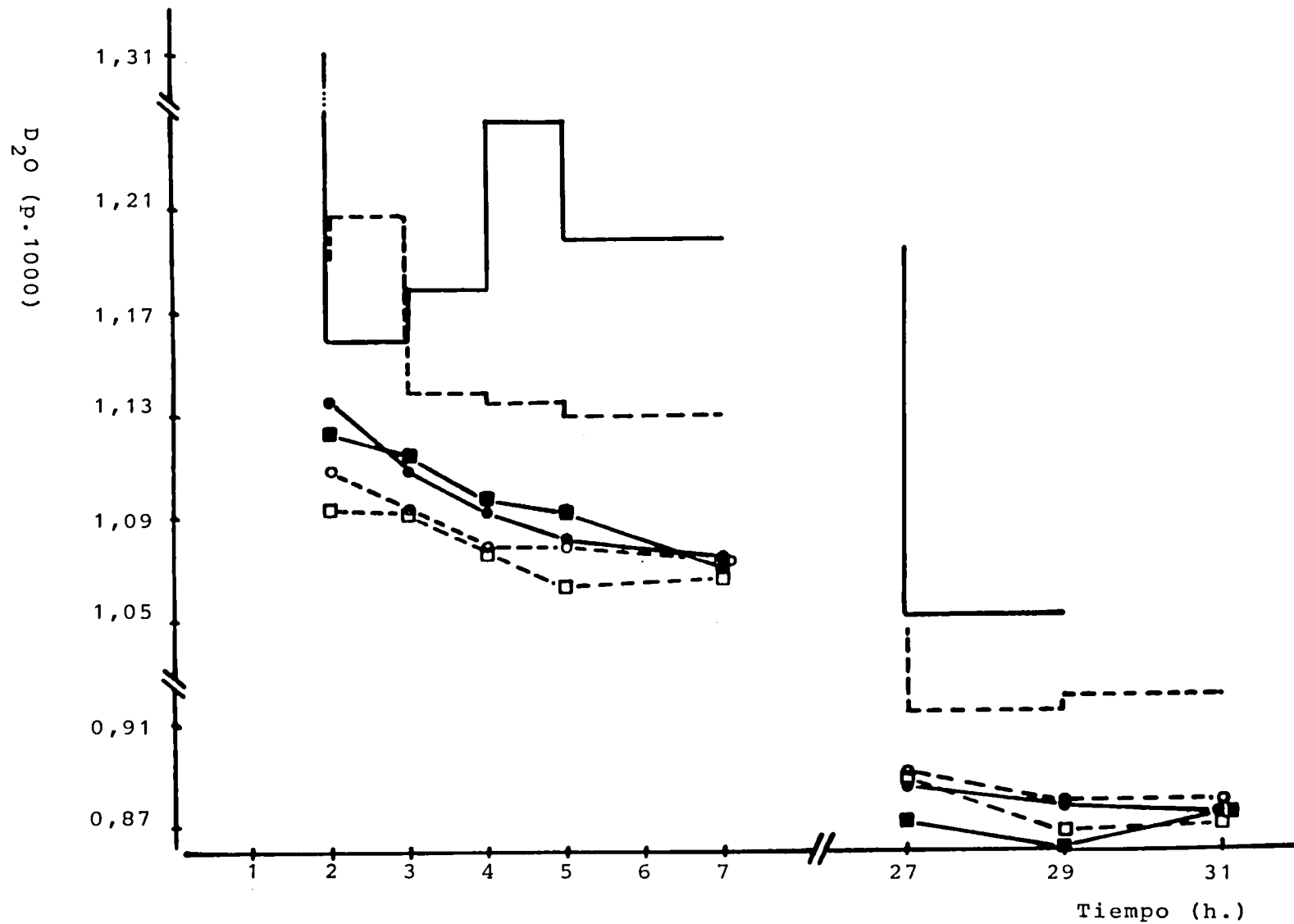


Figura 7.- Concentraciones medias de  $D_2O$  obtenidas en distintos fluidos orgánicos (Exp.1).

Plano de alimentación alto: ○ , sangre; □ , leche; --- , orina.

Plano de alimentación bajo: ● , sangre; ■ , leche; — , orina.



**Tabla 31.- EFECTO DEL PLANO DE ALIMENTACION SOBRE EL RITMO  
FRACCIONAL DE RENOVACION, TASA DE RENOVACION  
DEL AGUA Y VIDA MEDIA DEL MARCADOR EN EL  
ORGANISMO (EXPERIMENTO 1).**

Tratamiento	ritmo fraccional de renovación $h^{-1}$	tasa renovación $Kg \times h^{-1}$	vida media h
plano bajo n = 4	0,0089	0,244	79,0
plano alto n = 4	0,0084	0,253	83,6
RSD	0,00118	0,0397	10,71
P	NS	NS	NS

No se manifestaron diferencias estadísticamente significativas entre planos en ninguno de los tres parámetros a estudio, obteniéndose unos valores medios del ritmo fraccional de eliminación de  $0,0087 \pm 0,00040 h^{-1}$ , tasa de renovación de  $0,249 \pm 0,0131 Kg.h^{-1}$  y una vida media de  $81,3 \pm 3,61$  horas.

#### Experimento 2.

Se contó con un total de 21 ovejas, 5 gestantes (G), 6 en lactación inicio (LI), 6 a los 35 días de lactación final (LF) y 4 vacías y secas (V) a las que se tomó muestras de sangre y de otros fluidos corporales (leche, orina, líquido ruminal) a distintas horas a lo largo de 31 horas post-infusión (ver Material y

Métodos), con el fin de determinar el tiempo de equilibrio del marcador para cada una de dichas fases fisiológicas y analizar la existencia de posibles diferencias entre ellas. A las ovejas G y V se les tomó muestras de sangre, líquido ruminal y orina; a LI de sangre y leche, y a las LF, de sangre, leche y líquido ruminal.

En las tablas 32, 33, 34, y 35 se presentan las concentraciones medias (p. 1000) del marcador en el agua de dichas muestras, recogidas a distintas horas después de la infusión, en G, LI, LF y V, respectivamente. Dentro de cada fase y para cada hora de muestreo se compararon las concentraciones entre fluidos mediante un análisis de varianza siguiendo el modelo empleado en el Experimento 1, no se incluyeron en dichos análisis las concentraciones registradas en orina, por presentar valores anómalos respecto a los restantes fluidos.

Las figuras 8, 9, 10 y 11 muestran la evolución de la concentración del marcador en cada fluido, para cada una de las fases a estudio.

Tanto en gestantes como en vacías, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de D<sub>2</sub>O obtenidas en las muestras de sangre y líquido ruminal, salvo en las registradas en la primera hora tras la infusión del marcador, en la que la concentración de D<sub>2</sub>O en el líquido de rumen fue menor a la de la sangre. En las ovejas en lactación las concentraciones registradas en sangre y leche siguieron una evolución paralela con el tiempo, no observándose diferencias estadísticamente significativas entre ellas en ninguno de los dos estadios de lactación. En las ovejas LF la concentración del líquido ruminal fue menor a la registrada en sangre y leche en la primera hora, sin embargo a las 7, 27, y 29 h. tras la inyección del marcador las concentraciones obtenidas en este fluido fueron superiores a las de sangre y leche ( $P \leq 0,05$ ).

Para cada uno de los fluidos corporales y para cada una de las horas de muestreo, se realizaron análisis de varianza con objeto de estudiar las diferencias entre fases en las concentraciones medias del D<sub>2</sub>O. Los resultados de dichos análisis, así como los de la comparación de medias, se presentan en las tablas 36 a (sangre), 36 b (leche) y 36 c (líquido

**TABLA 32. Concentraciones medias (p.1000) de D<sub>2</sub>O registradas en distintos fluidos corporales. (n=5 ovejas a los 97 días de gestación Experimento 2).**

Horas de muestreo	Sangre	Líquido ruminal	RSD	P	Orina
1h	1,144	0,943	0,0465	***	—
2h	1,061	—	—	—	1,251 ± 0,1928
3h	1,028	1,031	0,0168	NS	1,508 ± 0,0774
5h	1,005	1,032	0,0316	NS	1,426 ± 0,1513
7h	0,997	1,005	0,0424	NS	1,181 ± 0,0735
9h	0,992	0,972	0,0341	NS	1,142 ± 0,0609
27h	0,923	—	—	—	—
29h	0,911	—	—	—	—
31h	0,903	0,922	0,0613	NS	1,031 ± 0,0527

Los valores de cada fila con distinta letra presentaron diferencias estadísticamente significativas. (P<0,05)

\*\*\* P<0,005 \*\*P<0,01 NS>0,05

**TABLA 33. Concentraciones medias (p.1000) de D<sub>2</sub>O en distintos fluidos corporales. (n=6 ovejas a los 3-5 días post-parto Experimento 2).**

Horas de muestreo	Sangre	Leche	RSD	P
1h	1,039	0,997	0,0696	NS
2h	0,961	0,953	0,0328	NS
3h	0,934	0,938	0,0176	NS
5h	0,912	0,906	0,0175	NS
7h	0,908	0,895	0,0076	*
9h	0,890	0,876	0,0131	NS
27h	0,748	0,735	0,0129	NS
29h	0,741	0,730	0,0121	NS
31h	0,723	0,721	0,0061	NS

Los valores de cada fila con distinta letra presentaron diferencias estadísticamente significativas. (P<0,05)

\*\*\* P<0,005 \*\*P<0,01 NS>0,05

**TABLA 34. Concentraciones medias (p.1000) del D<sub>2</sub>O obtenidas en los distintos flúidos corporales (n=6 ovejas a los 35 días de lactación Experimento 2).**

Horas de muestreo	Sangre	Leche	Líquido rumen	RSD	P
1h	0,989 <sup>a</sup>	0,948 <sup>ab</sup>	0,895 <sup>b</sup>	0,0844	NS
2h	0,930	0,900	0,936	0,0517	NS
3h	0,906	0,889	0,936	0,0385	NS
4h	0,902	0,886	0,930	0,0355	NS
5h	0,899	0,893	0,897	0,0161	NS
7h	0,891 <sup>a</sup>	0,900	0,913 <sup>b</sup>	0,0160	*
27h	0,754 <sup>a</sup>	0,758 <sup>a</sup>	0,835 <sup>b</sup>	0,0397	*
29h	0,749 <sup>a</sup>	0,750 <sup>a</sup>	0,808 <sup>b</sup>	0,0336	*
31h	0,745	0,736	0,756	0,0442	NS

Los valores de cada fila con distinta letra presentaron diferencias estadísticamente significativas. (P<0,05)

\*\*\* P<0,005 \*\*P<0,01 NS>0,05

**TABLA 35. Concentraciones medias (p.1000) del D<sub>2</sub>O registradas en distintos fluidos corporales (+) n=4 ovejas vacías y secas (\*) n=3 ovejas vacías y secas.**

Horas de muestreo	Sangre	Líquido ruminal	RSD	P	Orina
1h (+)	1,173	0,895	0,0828	*	—
2h	1,092	0,979	0,0712	NS	—
3h	1,049	1,069	0,0387	NS	1,206 ± 0,2072
5h (*)	1,025	1,037	0,0285	NS	1,250 ± 0,0366
7h	1,016	1,027	0,0299	NS	1,195 ± 0,0571
9h	0,994	1,006	0,0172	NS	1,144 ± 0,0411
27h	0,941	—	—	—	—
29h	0,941	1,010	0,0737	NS	—
31h	0,934	0,905	0,0403	NS	1,082 ± 0,0588

Los valores de cada fila con distinta letra presentaron diferencias estadísticamente significativas. (P<0,05)

\*\*\* P<0,005 \*\*P<0,01 NS>0,05

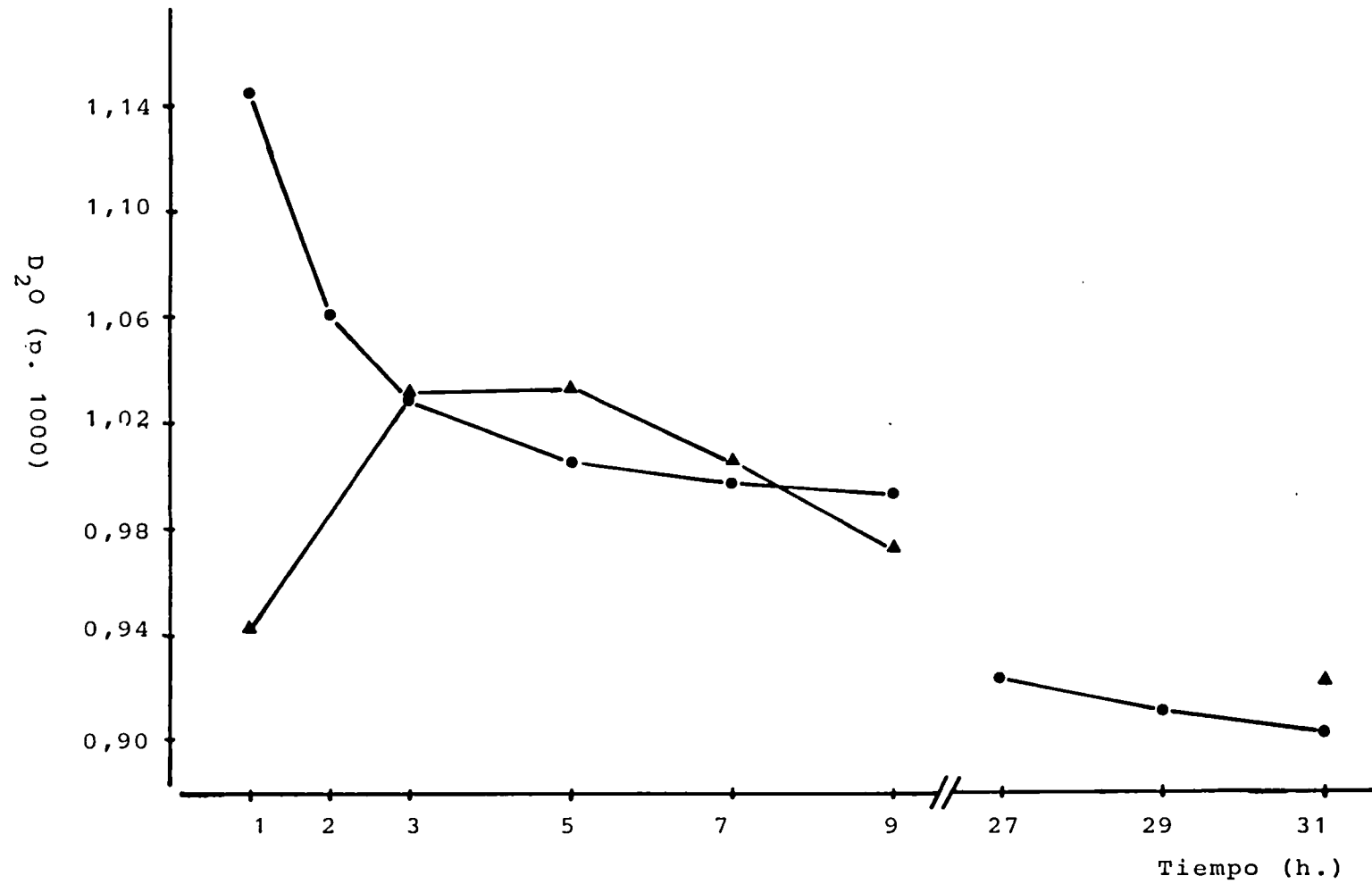


Figura 8.- Evolución de la concentración del D<sub>2</sub>O con el tiempo.●, sangre;▲, líquido ruminal. I. ovejas 97 días gestación.

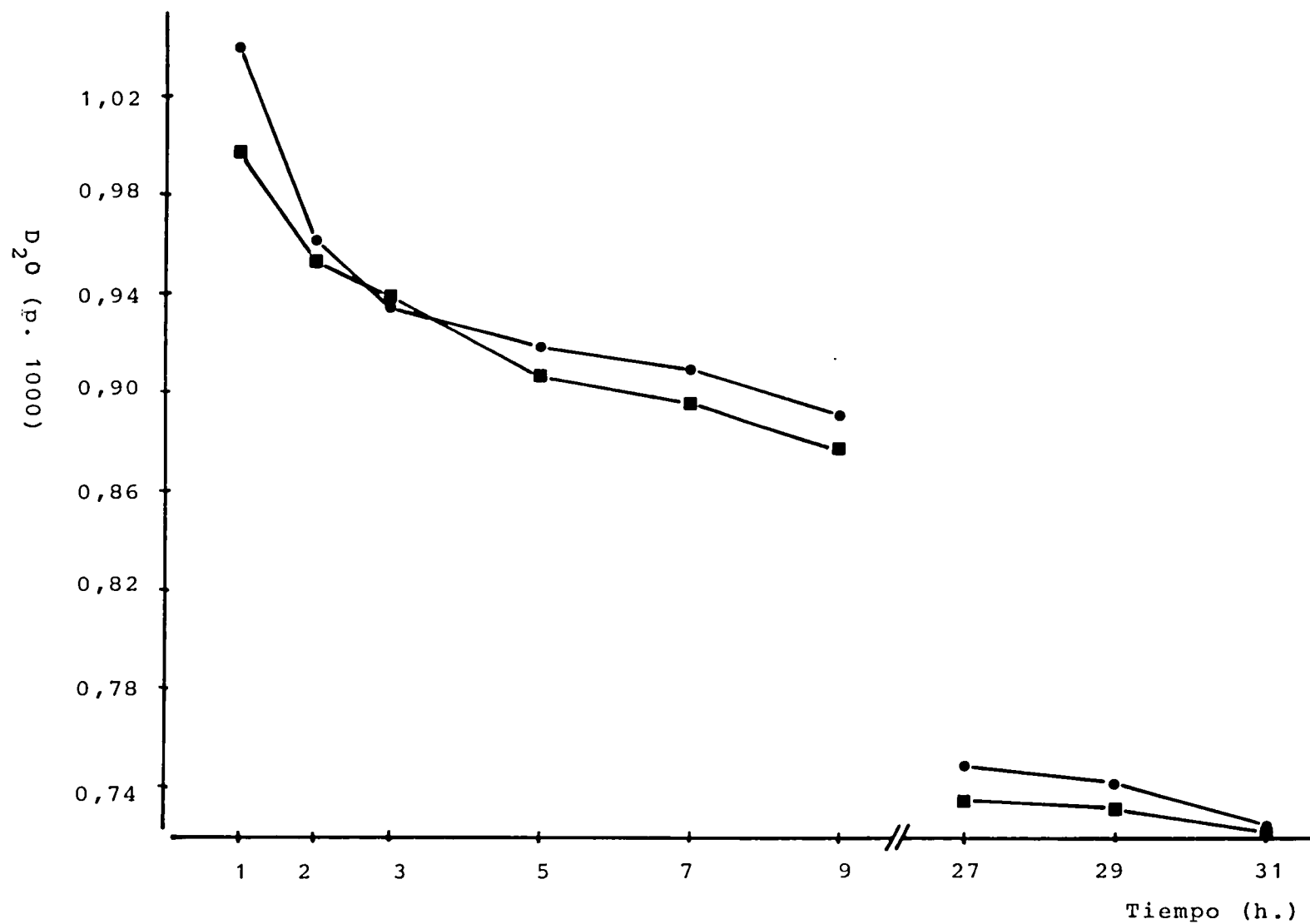


Figura 9.- Evolución de la concentración del  $D_2O$  con el tiempo. ●, sangre; ■, leche.  
II. ovejas 3-5 días post-parto.



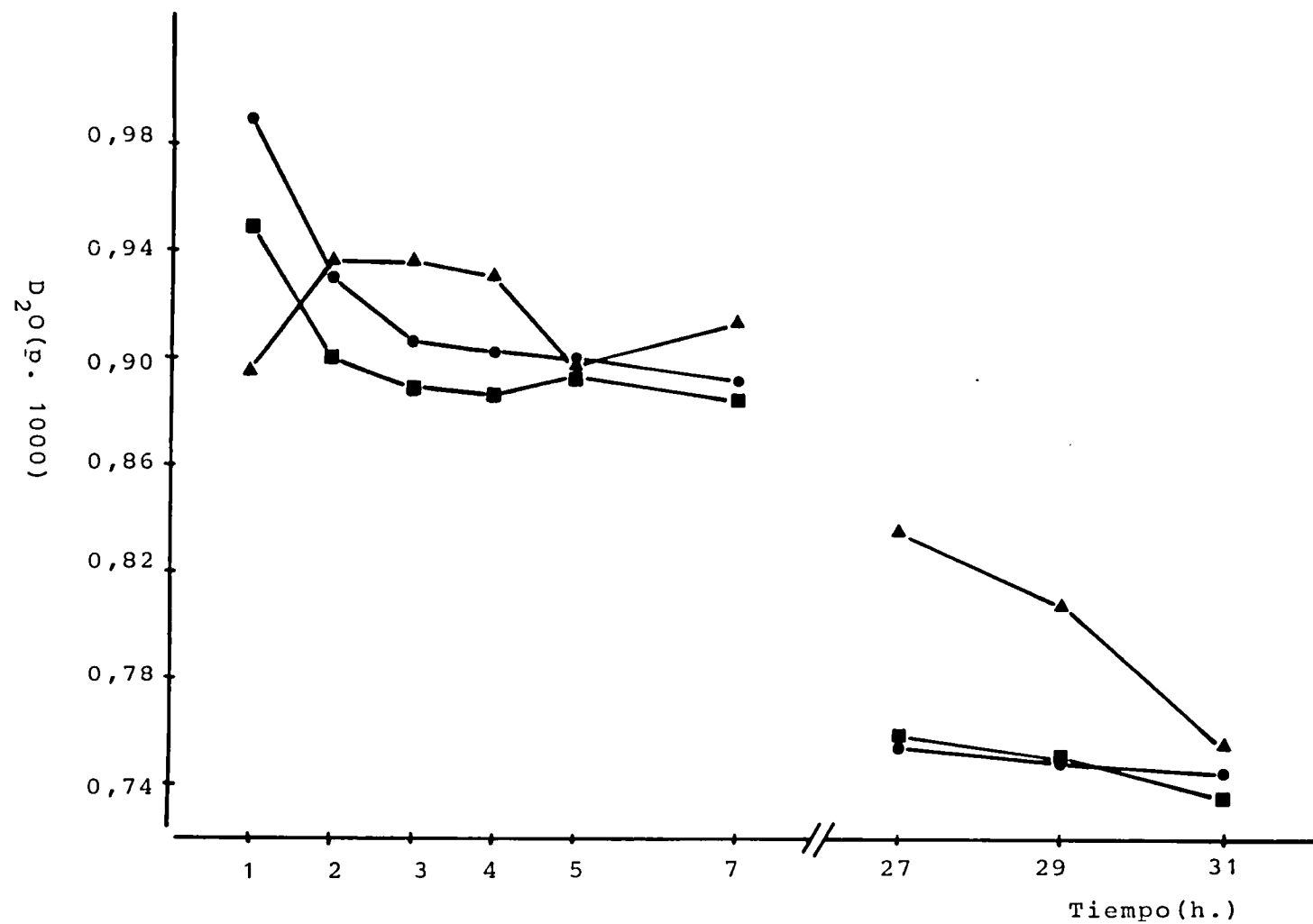


Figura 10- Evolución de la concentración del  $D_2O$  con el tiempo. ●, sangre; ■, leche; ▲, líquido ruminal. III. ovejas 35 días lactación.

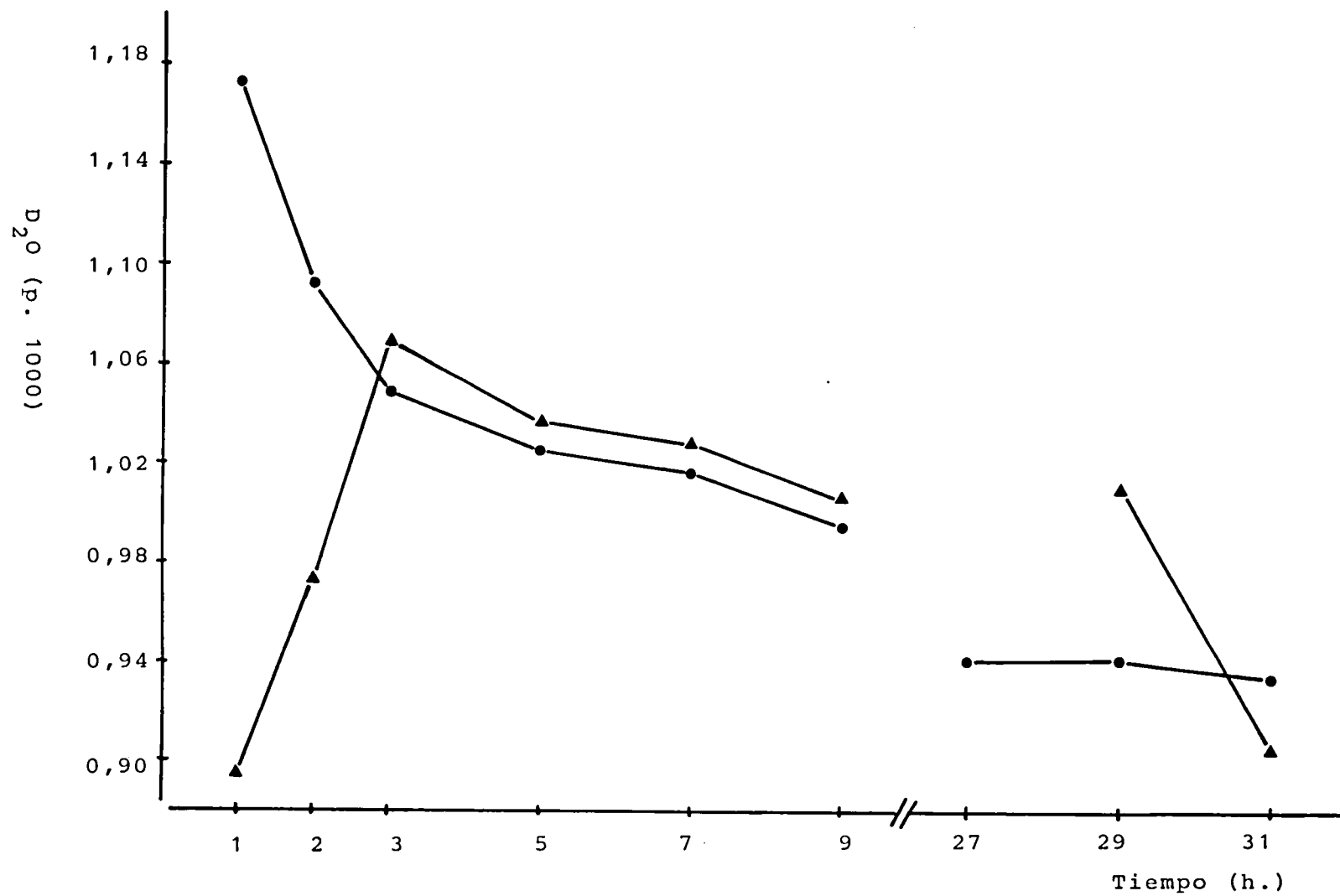


Figura 11.- Evolución de la concentración del D<sub>2</sub>O con el tiempo. ●, sangre; ▲, líquido ruminal. IV. ovejas vacías y secas.

ruminal); en ellas figuran también los de las concentraciones medias corregidas por covarianza para un mismo cociente dosis/agua corporal, estimada ésta última a partir de la ecuación (8) de la tabla 42. Como puede observarse las ovejas lactantes mostraron concentraciones inferiores en sangre a las vacías y gestantes en prácticamente todas las horas de muestreo, siendo las diferencias estadísticamente significativas a las 1, 2, 3, 27, 29 y 31 horas post-infusión (tabla 36 a). Cuando dichas concentraciones se corrigieron por covarianza las diferencias se atenuaron aunque persistieron en el mismo sentido. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre LI y LF en las concentraciones de  $D_2O$  ni en sangre (tabla 36 a) ni en leche (tabla 36 b) cualquiera que sea la toma considerada. Las LF mostraron menores concentraciones de  $D_2O$  en el líquido de rumen respecto a G y V, aunque las diferencias se mostraron estadísticamente significativas únicamente a las 3, 5 y 31 horas. Dichas diferencias se anularon cuando los valores se ajustaron por covarianza.

Al igual que en el Experimento 1, se relacionaron los valores de la concentración del  $D_2O$  en el agua del plasma, obtenidos en cada animal, con el tiempo según la función

$$\log_{10} C = \log C_0 - bt$$

El número de ovejas empleado en este estudio fue de 8 (G), 7 (LI), 6 (LF) y 6 (V), superior al utilizado en las comparaciones anteriores debido a que hubo ovejas que presentaron datos faltantes o anómalos en algunas horas y en determinados fluidos por lo que no pudieron ser considerados.

En la tabla 37 se presentan, para cada fase a estudio, los  $r^2$  y RSD medios obtenidos a partir de las ecuaciones de regresión individuales establecidas considerando todas las concentraciones o eliminando, de una en una, desde la hora 1 hasta las 4 ó 5 horas post-infusión del marcador. Figuran también los resultados del análisis de varianza y comparación de medias.

Al eliminar la concentración registrada a la primera hora post-infusión, mejoró de forma estadísticamente significativa la precisión de la

**TABLA 36.a Efecto de la fase fisiológica sobre las concentraciones medias (1) y concentraciones medias corregidas por covarianza para un cociente Dosis/agua corporal común, obtenidas en sangre (p.1000).**

Horas de muestreo	Gestantes n=5	Lactación inicial n=6	Lactación final n=6	Vacías n=4	RSD	P
1h	1,144 <sup>a</sup> (1,103) <sup>ac</sup>	1,039 <sup>b</sup> (1,063) <sup>ab</sup>	0,989 <sup>b</sup> (1,030) <sup>b</sup>	1,172 <sup>a</sup> (1,256) <sup>c</sup>	0,0648 0,0374	*** *
2h	1,061 <sup>a</sup> (1,015) <sup>ac</sup>	0,961 <sup>b</sup> (0,989) <sup>a</sup>	0,930 <sup>b</sup> (0,976) <sup>a</sup>	1,092 <sup>a</sup> (1,039) <sup>c</sup>	0,0663 0,0265	*** *
3h	1,028 (0,982)	0,934 (0,962)	0,906 (0,953)	1,049 (0,996)	0,0671 0,0283	** NS
5h	1,005 (0,949)	0,912 (0,945)	0,899 (0,955)	1,012 (0,948)	0,0787 0,0283	NS NS
7h	0,997 (0,938)	0,908 (0,943)	0,891 (0,949)	0,924 (0,857)	0,0819 0,0283	NS NS
9h	0,992 (0,956)	0,890 (0,950)	— —	0,987 (0,942)	0,0787 0,0374	NS NS
27h	0,923 <sup>a</sup> (0,865)	0,748 <sup>b</sup> (0,783)	0,754 <sup>b</sup> (0,813)	0,924 <sup>a</sup> (0,857)	0,0877 0,0436	*** NS
29h	0,911 <sup>a</sup> (0,853) <sup>a</sup>	0,741 <sup>b</sup> (0,776) <sup>b</sup>	0,749 <sup>b</sup> (0,806) <sup>ab</sup>	0,929 <sup>a</sup> (0,863) <sup>a</sup>	0,0860 0,0424	*** *
31h	0,903 <sup>a</sup> (0,847) <sup>a</sup>	0,726 <sup>b</sup> (0,760) <sup>b</sup>	0,745 <sup>b</sup> (0,801) <sup>ab</sup>	0,915 <sup>a</sup> (0,851) <sup>a</sup>	0,0854 0,0447	*** *

Los valores con distinta letra dentro de cada plano y fila, presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ) \*\*\*  $P < 0,005$  \*\* $P < 0,01$  \* $P < 0,05$

**TABLA 36.b (Continuación). Efecto de la fase fisiológica sobre las concentraciones medias y concentraciones medias de D<sub>2</sub>O corregidas por covarianza, en leche (1)(p.1000).**

Horas de muestreo	Lactación inicial n=6	Lactación final n=6	RSD	P
1h	0,997	0,948	0,1175	NS
2h	0,953 (0,946)	0,900 (0,908)	0,0796 0,0616	NS NS
3h	0,938 (0,927)	0,889 (0,900)	0,0853 0,0404	NS NS
5h	0,906 (0,895)	0,893 (0,905)	0,0867 0,0361	NS NS
7h	0,895 (0,883)	0,884 (0,897)	0,0930 0,0894	NS NS
27h	0,734 (0,722)	0,758 (0,770)	0,1056 0,0656	NS NS
29h	0,730 (0,718)	0,750 (0,762)	0,0980 0,0554	NS NS
31h	0,721 (0,709)	0,736 (0,748)	0,0958 0,0475	NS NS

Los valores con distinta letra dentro de cada plano y fila, presentaron diferencias estadísticamente significativas (P<0,05) \*\*\* P<0,005 \*\*P<0,01 \*P<0,05

**TABLA 36. c (Continuación). Efecto de la fase fisiológica sobre las concentraciones medias y concentraciones medias de D<sub>2</sub>O corregidas por covarianza, en líquido ruminal (1) (p.1000).**

Horas de muestreo	Gestantes n=5	Lactación final n=6	Vacías (2)	RSD	P
1h	0,943 (0,903)	0,895 (0,961)	0,895 (0,846)	0,0782 0,0510	NS NS
3h	1,031 <sup>a</sup> (0,996)	0,936 <sup>b</sup> (0,993)	1,069 <sup>a</sup> (1,028)	0,0686 0,0458	* NS
5h	1,032 <sup>a</sup> (0,983)	0,897 <sup>b</sup> (0,980)	1,037 <sup>a</sup> (0,953)	0,0883 0,0476	* NS
7h	1,005 (0,963)	0,914 (0,985)	1,027 (0,955)	0,0776 0,0448	NS NS
31h	0,922 <sup>a</sup> (0,893)	0,755 <sup>b</sup> (0,804)	0,905 <sup>a</sup> (0,856)	0,0821 0,0728	* NS

(1) Entre paréntesis figuran las concentraciones del D<sub>2</sub>O corregidas por covarianza para un mismo cociente Dosis/agua corporal.

(2) n = 4 en las tomas 1 y 3; y n = 3 en las tomas 5, 7 y 31 h.

Los valores con distinta letra dentro de cada plano y fila, presentaron diferencias estadísticamente significativas (P<0,05) \*\*\* P<0,005 \*\*P<0,01 \*P<0,05

**TABLA 37. Ajuste a la función  $\log_{10} C = \log_{10} C_0 - bt$  de la evolución de la concentración del marcador en sangre. Valores medios de  $r^2$  y RSD obtenidos para cada animal, dentro de cada fase**

<b>Fase</b>	<b>Concentraciones utilizadas</b>	<b><math>r^2</math></b>	<b>RSD</b>
Gestantes n=8	de C1h a C31h	0,784 <sup>a</sup>	0,0154 <sup>a</sup>
	de C2h a C31h	0,919 <sup>b</sup>	0,0075 <sup>b</sup>
	de C3h a C31h	0,950 <sup>b</sup>	0,0052 <sup>c</sup>
	de C5h a C31h	0,957 <sup>b</sup>	0,0046 <sup>c</sup>
	de C7h a C31h	0,939 <sup>b</sup>	0,0051 <sup>c</sup>
	RSD	(0,04195)	(0,001732)
	P	$P \leq 0,001$	$P \leq 0,001$
Lactación inicial n=7	de C1h a C31h	0,929 <sup>a</sup>	0,0150 <sup>a</sup>
	de C2h a C31h	0,930 <sup>b</sup>	0,0090 <sup>b</sup>
	de C3h a C31h	0,976 <sup>b</sup>	0,0071 <sup>b</sup>
	de C5h a C31h	0,980 <sup>b</sup>	0,0065 <sup>b</sup>
	de C7h a C31h	0,980 <sup>b</sup>	0,0062 <sup>b</sup>
	RSD	(0,02366)	(0,003033)
	P	$P \leq 0,001$	$P \leq 0,001$
Lactación final n=6	de C1h a C31h	0,943 <sup>a</sup>	0,0108 <sup>a</sup>
	de C2h a C31h	0,983 <sup>b</sup>	0,0054 <sup>b</sup>
	de C3h a C31h	0,989 <sup>b</sup>	0,0046 <sup>b</sup>
	de C4h a C31h	0,988 <sup>b</sup>	* 0,0050 <sup>b</sup>
	de C5h a C31h	0,986 <sup>b</sup>	0,0048 <sup>b</sup>
	RSD	(0,01554)	(0,002608)
	P	$P \leq 0,005$	$P \leq 0,005$
Vacías n=6	de C1h a C31h	0,744 <sup>a</sup>	0,0188 <sup>a</sup>
	de C2h a C31h	0,857 <sup>ab</sup>	0,0101 <sup>b</sup>
	de C3h a C31h	0,902 <sup>b</sup>	0,0071 <sup>bc</sup>
	de C5h a C31h	0,934 <sup>b</sup>	0,0044 <sup>c</sup>
	de C7h a C31h	0,909 <sup>b</sup>	0,0047 <sup>c</sup>
	RSD	(0,11071)	(0,00387)
	P	$P \leq 0,05$	$P \leq 0,001$

Los valores con distinta letra mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ )

relación establecida en todas las fases a estudio, reflejándose en una RSD menor en todas ellas. Aunque la supresión de la toma realizada a las 2 horas post-infusión supuso también una mejora de los ajustes en todas las fases, sólo se mostraron diferencias estadísticamente significativas en las RSD de las ovejas gestantes y vacías. En éstas últimas se registró una mejora aparente incluso cuando se suprimió la toma de las 3 horas post-infusión.

En la tabla 38 se presentan los ritmos fraccionales de renovación del óxido de deuterio obtenidos al considerar las concentraciones de  $D_2O$  en la sangre, desde las 3 horas hasta las 31 horas post-infusión ( $k_1$ ) o desde las 5 horas en adelante ( $k_2$ ), así como la vida media del marcador.

**Tabla 38.-EFECTO DE LA FASE FISIOLÓGICA SOBRE EL RITMO FRACCIONAL DE RENOVACIÓN Y VIDA MEDIA DEL MARCADOR EN EL ORGANISMO (EXPERIMENTO 2)**

	ritmo fraccional		ritmo fraccional	
Fase	de renovación	vida media de renovación	de renovación	vida media
	$k_1 (h^{-1})$	$h$	$k_2 (h^{-1})$	$h$
G	0,0045 <sup>a</sup>	163,1 <sup>a</sup>	0,0043 <sup>a</sup>	170,4 <sup>a</sup>
n = 8				
LI	0,0093 <sup>b</sup>	78,6 <sup>b</sup>	0,0093 <sup>b</sup>	77,9 <sup>b</sup>
n = 7				
LF	0,0076 <sup>b</sup>	97,8 <sup>b</sup>	0,0077 <sup>b</sup>	95,5 <sup>b</sup>
n = 6				
V	0,0045 <sup>a</sup>	161,0 <sup>a</sup>	0,0041 <sup>a</sup>	182,1 <sup>a</sup>
n = 6				
RSD	(0,00176)	(33,24)	(0,00167)	(36,88)
	$P \leq 0,001$	$P \leq 0,001$	$P \leq 0,001$	$P \leq 0,001$

Las ovejas lactantes presentaron una mayor tasa de renovación que las gestantes y vacías, y por lo tanto la vida media del marcador fue inferior en las primeras respecto a las segundas (menor a 4 días en lactantes y superior a 6 días en éstas



últimas) ( $p \leq 0,001$ ). Aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las lactantes, es de señalar que la tasa de renovación fue un 20 p. 100 superior en las lactantes inicio.

El hecho de que de las 6 ovejas LF, tres habían sido alimentadas durante la lactación a un plano próximo a 2 veces las necesidades de mantenimiento y las otras 3 fueron alimentadas "ad libitum", nos permitió estudiar el efecto del plano de alimentación sobre el tiempo de equilibrio del marcador. En la tabla 39 se presentan las concentraciones medias (p.1000) del  $D_2O$  de las muestras de plasma, leche y líquido ruminal recogidas a las 1, 2, 3, 4, 5, 7, 27, 29 y 31 horas post-infusión, y el resultado del análisis de varianza efectuado dentro de cada plano de alimentación y para cada hora de muestreo, con el fin de analizar las posibles diferencias entre las concentraciones de los distintos fluidos. En la figura 12 se presenta la evolución de la concentración del marcador en cada fluido y para cada plano de alimentación.

Las concentraciones registradas en sangre y leche evolucionaron de forma paralela, no observándose diferencias estadísticamente significativas entre ambos fluidos en ninguno de los dos planos. En los animales del plano bajo, las concentraciones en el líquido del rumen fueron similares a las de sangre y leche, observándose únicamente una menor concentración en líquido ruminal que en sangre en la primera hora ( $p \leq 0,05$ ). En las ovejas del plano alto se puso también de manifiesto una menor concentración de deuterio en líquido ruminal en la primera hora de muestreo, siendo superior en el resto de las tomas (diferencias estadísticamente significativas a las 2, 3, 4, 27 y 29 horas post-infusión).

Para cada uno de los fluidos a estudio (sangre, leche y líquido ruminal) y para cada una de las horas de muestreo, se estudió el plano de alimentación sobre las medias corregidas por covarianza para un cociente común dosis/agua corporal estimada a partir de la ecuación 8 de la tabla 48 (g/Kg), (tabla 40). El efecto de la covariada no fue estadísticamente significativo en el caso de la leche por lo que para éste fluido se presentan los

**TABLA 39. Concentraciones medias (p.1000) de D<sub>2</sub>O en distintos fluidos corporales a los 35 días de lactación Experimento 2. Comparación de medias entre fluidos dentro de cada plano de alimentación. (n=3 animales lactación final/plano de alimentación).**

Horas de Muestreo	PLANO BAJO					PLANO ALTO				
	Sangre	Leche	Líq. ruminal	RSD	P	Sangre	Leche	Líq. ruminal	RSD	P
1h	1,000 <sup>a</sup>	0,923 <sup>ab</sup>	0,872 <sup>b</sup>	0,1281	*	0,979 <sup>a</sup>	0,972 <sup>a</sup>	0,918 <sup>b</sup>	0,0144	*
2h	0,949	0,904	0,886	0,0527	NS	0,911 <sup>a</sup>	0,897 <sup>a</sup>	0,985 <sup>b</sup>	0,0062	***
3h	0,914	0,898	0,896	0,0979	NS	0,899 <sup>a</sup>	0,880 <sup>a</sup>	0,976 <sup>b</sup>	0,0204	**
4h	0,911	0,899	0,905	0,0395	NS	0,893 <sup>a</sup>	0,873 <sup>a</sup>	0,954 <sup>b</sup>	0,0175	*
5h	0,914	0,902	0,893	0,0071	NS	0,884	0,885	0,901	0,0179	NS
7h	0,901	0,892	0,907	0,0132	NS	0,880	0,877	0,919	0,0155	NS
27h	0,792	0,801	0,829	0,0411	NS	0,717 <sup>a</sup>	0,715 <sup>a</sup>	0,840 <sup>b</sup>	0,0110	***
29h	0,787	0,785	0,810	0,0308	NS	0,710 <sup>a</sup>	0,715 <sup>a</sup>	0,807 <sup>b</sup>	0,0251	*
31h	0,786	0,765	0,759	0,0295	NS	0,705	0,706	0,752	0,0231	NS

Los valores con distinta letra dentro de cada plano y fila, presentaron diferencias estadísticamente significativas (P<0,05) \*\*\* P<0,005 \*\*P<0,01 \*P<0,05

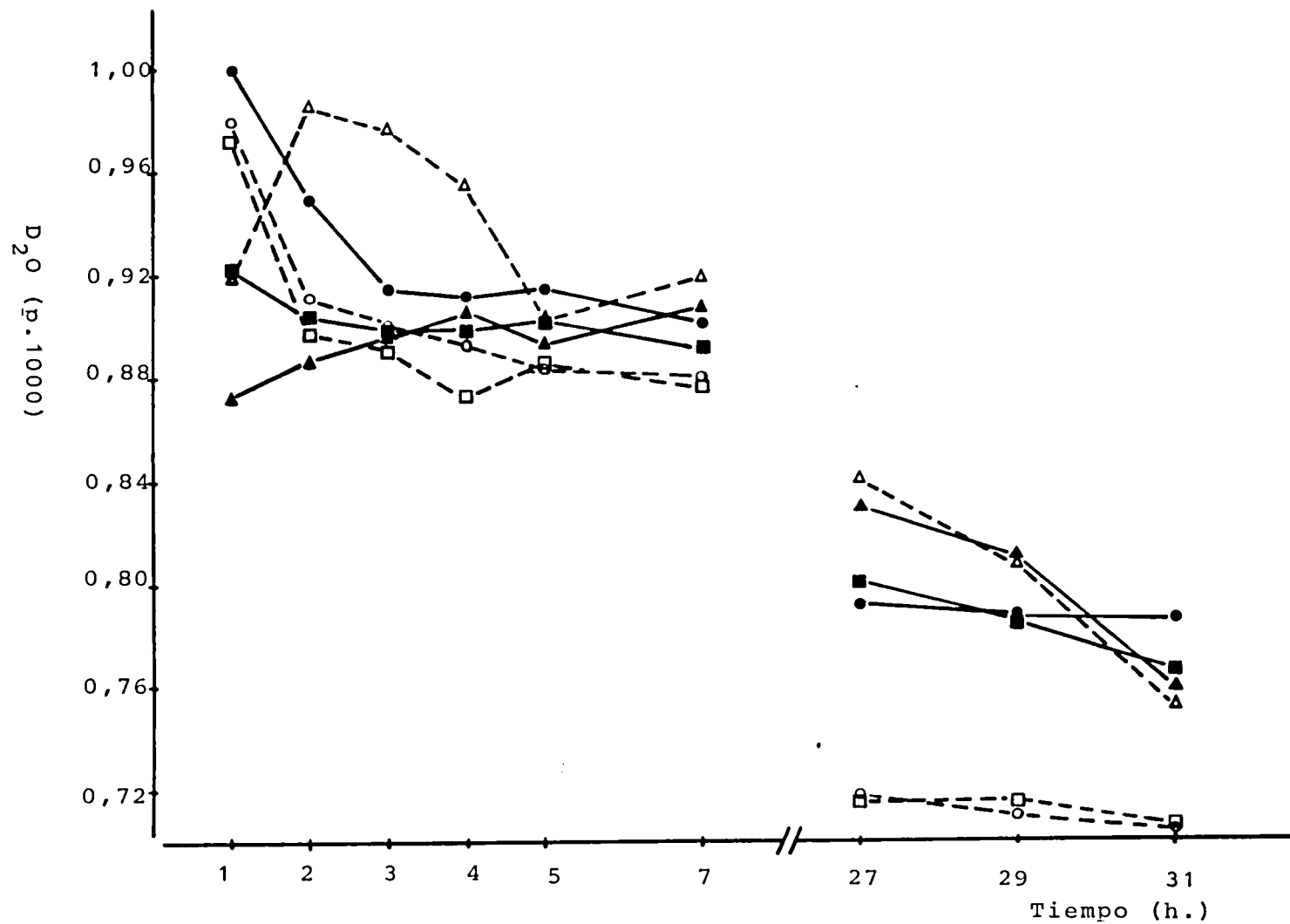


Figura 12- Concentraciones medias de  $D_2O$  obtenidas en distintos fluídos orgánicos.  
 Plano de alimentación alto: ○, sangre; □, leche; △, líquido ruminal.  
 Plano de alimentación bajo: ●, sangre; ■, leche; ▲, líquido ruminal.

**TABLA 40. Concentraciones medias (p.1000) de D<sub>2</sub>O corregidas por covarianza para un cociente Dosis/agua corporal.Comparación de medias entre planos, dentro de cada fluido (n = 3 ovejas lactantes final/plano de alimentación. Experimento 2).**

Horas de Muestreo	SANGRE			LECHE(1)			LIQUIDO RUMEN					
	P.alto	P.bajo	RSD	P	P.alto	P.bajo	RSD	P	P.alto	P.bajo	RSD	P
1h	0,986	0,993	0,0265	NS	0,972	0,923	0,1616	NS	0,924	0,866	0,0200	*
2h	0,917	0,943	0,0245	NS	0,897	0,904	0,0927	NS	0,991	0,880	0,0300	*
3h	0,905	0,908	0,0332	NS	0,880	0,898	0,0714	NS	0,982	0,890	0,0490	*
4h	-	-	-	-	0,873	0,899	0,0671	NS	0,962	0,898	0,0265	NS
5h	0,890	0,908	0,0361	NS	0,885	0,902	0,0608	NS	0,907	0,886	0,0480	NS
7h	0,886	0,895	0,0332	NS	0,877	0,892	0,0624	NS	0,927	0,900	0,0283	NS
27h	0,724	0,785	0,0424	NS	0,715	0,801	0,0812	NS	0,847	0,821	0,0224	NS
29h	0,717	0,780	0,0458	NS	0,715	0,785	0,0686	NS	0,814	0,802	0,0245	NS
31h	0,711	0,780	0,0447	NS	0,706	0,766	0,0663	NS	0,758	0,753	0,0539	NS

(1) valores medios sin corregir por covarianza.

(\*) Los valores con distinta letra dentro de cada plano y fila, mostraron diferencias estadísticamente significativas (P<0,05)

valores medios sin corregir. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones registradas en la sangre y leche entre ambos planos de alimentación a ninguna de las horas de muestreo, aunque fueron ligeramante inferiores las del plano de alimentación alto. Por el contrario las concentraciones del  $D_2O$  en líquido de rumen fueron superiores en las ovejas del plano alto, si bien las diferencias sólo fueron significativas en las 3 primeras horas post-infusión.

En la tabla 41 se presentan, para cada plano de alimentación, los  $r^2$  y RSD medios obtenidos a partir de las ecuaciones de regresión individuales establecidas con distinto número de concentraciones de  $D_2O$  en plasma. Al eliminar la concentración registrada en la primera hora de muestreo, mejoró la precisión de la relación en ambos planos, aunque dicha mejoría sólo fue estadísticamente significativa en el plano bajo de alimentación. Por otra parte, mientras que en el plano alto la supresión de la concentración obtenida a las 2 horas post-infusión no provocó ningún cambio en el ajuste, en el plano bajo supuso un aumento del  $R^2$  y un descenso aparente de la RSD, aunque no fueran estadísticamente significativos.

En la tabla 42 se presenta el ritmo fraccional de renovación y la vida media del marcador, considerando todas las concentraciones registradas desde las 2 horas hasta las 31 horas post-infusión ( $k_1$ ) o desde las 3 horas en adelante ( $k_2$ ). Se manifestaron diferencias significativas en el ritmo fraccional de renovación entre los dos planos de alimentación, siendo superior en el alto (0,0092 vs.0,0060). Las diferencias se reflejaron también en la vida media del marcador, aunque no de forma estadísticamente significativas.

**Tabla 41 Ajuste a la función  $\log_{10} C = \log_{10} C_0 - kt$  de la evolución de la concentración del marcador en sangre. Valores medios de los  $r^2$  y RSD obtenidos para cada animal, dentro de cada plano de alimentación (Experimento 2).**

<u>Tratamiento</u>	<u>Concentraciones utilizadas</u>	<u><math>r^2</math></u>	<u>RSD</u>
Plano Alto n = 3	de C1h a C31h	0,9615	0,01064
	de C2h a C31h	0,9886	0,00548
	de C3h a C31h	0,9886	0,00549
	de C4h a C31h	0,9868	0,00585
	de C5h a C31h	0,9833	0,00591
	RSD	(0,01727)	(0,003464)
	P	NS	NS
Plano Bajo n = 3	de C1h a C31h	0,9239 <sup>a</sup>	0,01088 <sup>a</sup>
	de C2h a C31h	0,9774 <sup>b</sup>	0,00538 <sup>b</sup>
	de C3h a C31h	0,9885 <sup>b</sup>	0,00361 <sup>b</sup>
	de C4h a C31h	0,9905 <sup>b</sup>	0,00380 <sup>b</sup>
	de C5h a C31h	0,9881 <sup>b</sup>	0,00376 <sup>b</sup>
	RSD	(0,009788)	(0,001612)
	P	$P \leq 0,005$	$P \leq 0,005$

(\*) Los valores con distinta letra dentro de cada columna, mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ )

**Tabla 42.- EFECTO DEL PLANO DE ALIMENTACION SOBRE EL RITMO FRACCIONAL Y LA VIDA MEDIA DEL MARCADOR (n = 6 OVEJAS LF, EXPERIMENTO 2).**

Tratamiento	Ritmo fraccional		Ritmo fraccional	
	de renovación $k_1$ ( $h^{-1}$ )	Vida media h	de renovación $k_1$ ( $h^{-1}$ )	Vida media h
plano alto n = 3	0,0092	75,9	0,0094	74,2
plano bajo n = 3	0,0060	119,7	0,0062	115,7
RSD	(0,00114)	(20,3)	(0,00118)	(21,3)
	$P \leq 0,05$	NS	$P \leq 0,05$	NS

3.1.2.- Estimación del agua corporal a partir del espacio de difusión del óxido de deuterio.

Experimento 1.

En la tabla 43 se presentan los valores medios del espacio de difusión del óxido de deuterio (ED) de las 8 ovejas sacrificadas a las 31 horas post-infusión, calculados a partir de las concentraciones puntuales del marcador en el agua de la sangre, registradas a las 3, 5 y 7 horas (ED3, ED5, ED7, respectivamente) o bien a partir de la concentración teórica a la infusión ( $C_0$ ), calculada por extrapolación al tiempo cero de la ecuación:  $\log_{10} C = \log_{10} a - bt$ , considerando las tomas realizadas a las 3, 5, 7, 27, 29 y 31 horas (EDo1), a las 3, 5, 27 y 29 horas (EDo2) o a las 5, 7, 29 y 31 horas (EDo3) post-infusión. Figuran también, el volumen de agua determinado al sacrificio, las sobreestimaciones respecto a éste de los distintos espacios de difusión, y la diferencia de peso de los animales entre las 4-7 horas post-infusión (media de pesos) y el

**TABLA 43. Comparación del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O con el agua corporal determinada (n=8 ovejas sacrificadas a las 31 horas).**

<u>Agua corporal</u>	Determinada al sacrificio	<u>Estimada a partir del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (1)</u>						<u>DP(3)</u>
		ED <sub>3</sub>	ED <sub>5</sub>	ED <sub>7</sub>	ED <sub>01</sub>	ED <sub>02</sub>	ED <sub>03</sub>	
Plano alto (Kg)	30,08	34,13	34,61	34,82	33,14	33,25	33,05	1,60
(es x) (2)	(1,000)	(0,941)	(0,946)	(0,892)	(0,836)	(0,884)	(0,805)	(0,599)
Plano bajo (Kg)	27,63	30,04	30,80	31,07	29,34	29,34	29,41	0,58
(es x)	(1,978)	(2,282)	(2,350)	(2,339)	(2,298)	(2,294)	(2,325)	(0,151)
<u>Sobreestimación (4)</u>								
Pl. Alto (p.100)		13,6	15,2	15,9	10,3	10,6	10,0	
Pl. Bajo (p.100)		8,7	11,4	12,4	6,1	6,1	6,3	
RSD		3,015	2,503	2,049	2,847	2,992	2,692	
P		NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Sobreestimación media		11,1	13,3	14,1	8,2	8,4	8,1	
p.100 (es $\bar{x}$ )		(1,35)	(1,09)	(0,94)	(1,22)	(1,30)	(1,12)	

(1) ED (x) = espacio de difusión calculado según se especifica en el texto.

(2) es x = error estándar de la media

(3) DP = diferencia de pesos entre el peso medio a las 4 y 7 horas post-infusión y el peso al sacrificio.

(4) La sobreestimación corresponde a la media de las sobreestimaciones individuales, del espacio de difusión del óxido de deuterio en relación al contenido en agua del cuerpo de las ovejas determinada al sacrificio.



sacrificio. En la tabla 44 se presentan los valores de espacio de difusión obtenidos en las 8 ovejas sacrificadas a las 7 horas de la infusión (ver Material y Métodos), calculados a partir de las concentraciones obtenidas en sangre a las 3, 5 y 7 horas, así como el volumen de agua determinado al sacrificio y las sobreestimaciones de los espacios de difusión respecto a éste. En ambas tablas figuran los resultados de los análisis de varianza efectuados con el fin de analizar la posible existencia de diferencias en las sobreestimaciones entre los dos planos de alimentación impuestos.

Cualquiera que sea la forma de cálculo del espacio de difusión, éste fue siempre superior al contenido en agua del cuerpo de las ovejas, determinado al sacrificio. En los animales que fueron sacrificados a las 31 horas (tabla 43), la sobreestimación fue superior cuando los ED se calcularon a partir de las concentraciones puntuales del marcador (entre un 9 y un 16 p.100) que cuando se calcularon a partir de las concentraciones estimadas por extrapolación al tiempo cero o de infusión (entre un 6 y un 11 p.100). Por otra parte, fue superior en las ovejas que recibieron el plano de alimentación alto, aunque las diferencias entre ambos planos no fueron estadísticamente significativas. Es de destacar que también en los animales que recibieron el plano de alimentación alto, se registraron mayores pérdidas de peso entre las 4-7 horas post-infusión y el sacrificio. En las ovejas sacrificadas a las 7 horas (tabla 44), no se pusieron en evidencia diferencias entre planos en el grado de sobreestimación del volumen de agua a partir de los ED, siendo tales sobreestimaciones similares o ligeramente inferiores a las encontradas en el plano bajo de las ovejas sacrificadas a las 31 horas post-infusión (entre un 7 y un 11 p.100).

En la tabla 45 figuran los coeficientes de determinación,  $r^2$ , las desviaciones estandar residuales y los coeficientes de variación de las regresiones lineales establecidas entre el contenido en agua del cuerpo determinado al sacrificio, y los valores de espacios de difusión del  $D_2O$  obtenidos según las diferentes formas de cálculo utilizadas anteriormente, incluyéndose aquellos calculados a partir de las concentraciones medias obtenidas en las tomas efectuadas a las 3 y 5 horas (ED35) y 5 y 7 horas post-infusión (ED57).

**TABLA 44. Comparación del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (ED) con el agua corporal determinada al sacrificio (n=8 ovejas sacrificadas a las 7 horas Experimento 1).**

<u>Agua corporal</u>	Determinada al sacrificio	<u>Estimada a partir del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (1).</u>		
		ED <sub>3</sub>	ED <sub>5</sub>	ED <sub>7</sub>
Plano alto (Kg)	28,49	30,61	31,23	31,56
(es x) (2)	(2,505)	(2,853)	(2,764)	(2,856)
Plano bajo (Kg)	29,25	31,28	32,37	32,57
(es x)	(2,783)	(2,938)	(3,077)	(3,223)
<u>Sobreestimación (3)</u>				
Plano alto ( $\bar{x}$ p.100)		7,3	9,6	10,6
Plano bajo ( $\bar{x}$ p.100)		7,0	10,7	11,2
RSD		(1,341)	(1,679)	(2,233)
P		NS	NS	NS
Sobreestimación media		7,1	10,1	10,9
p.100 (es $\bar{x}$ )		(0,44)	(0,59)	(0,34)

(1) ED (x) = espacio de difusión calculado según se especifica en el texto.

(2) es x = error estándar de la media

(3) La sobreestimación corresponde a la media de las sobreestimaciones individuales, del espacio de difusión del óxido de deuterio en relación al contenido en agua del cuerpo de las ovejas determinada al sacrificio.

Los valores con distinta letra mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ )

- Precisión de la estimación del contenido en agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (ED). (Experimento 1).

muestras utilizadas para el cálculo del ED	ovejas sacrificadas a las 31 horas (n = 8)			ovejas sacrificadas a las 7 horas (n = 8)		
	r <sup>2</sup>	RSD	c.v. (p.100)	r <sup>2</sup>	RSD	c.v. (p.100)
3h	0,925	0,941	3,26	0,996	0,340	1,18
5h	0,952	0,757	2,62	0,993	0,437	1,51
7h	0,964	0,653	2,28	0,992	0,482	1,67
(3h + 5h)/2	0,939	0,849	2,94	0,996	0,340	1,18
(5h + 7h)/2	0,958	0,702	2,43	0,993	0,454	1,57
<u>Co (1)</u>						
3, 5, 7, 27, 29, 31h	0,936	0,867	3,00			
3, 5, 27, 29h	0,930	0,911	3,16			
5, 7, 29, 31h	0,946	0,797	2,76			

(1) Co = Cálculo del ED por extrapolación al tiempo cero de la función log 10C = log 10 a - bt

En la tabla 46 figuran los resultados de los ajustes obtenidos al considerar como segunda variable independiente las diferencias entre las medias de los pesos vivos registrados a las 4-7 horas post-infusión y los pesos vivos al sacrificio (DP). Esta segunda variable únicamente se consideró para las ovejas sacrificadas a las 31 horas. En las sacrificadas a las 7 horas, la introducción de la diferencia de peso entre las 4 horas post-infusión y el sacrificio, no mejoró la predicción.

En las ovejas sacrificadas a las 31 horas, el espacio de difusión explicó en todos los casos más del 93 p.100 de la variación del volumen de agua corporal. Los mejores ajustes se obtuvieron con los espacios de difusión calculados a partir de las concentraciones registradas a las 7 horas y las 5+7 horas post-infusión ( $RSD=0,657$  y  $0,702$  Kg.;  $c.v.=2,28$  y  $2,43$  p.100, respectivamente) y con el espacio de difusión calculado a partir de la concentración del marcador estimada por extrapolación considerando las tomas de las 5,7,29 y 31 horas post-infusión ( $RSD=0,797$  Kg.;  $c.v.=2,76$  p.100).

En las ovejas sacrificadas a las 7 horas el espacio de difusión explicó en todos los casos más del 99 p.100 de la variación del volumen de agua corporal, siendo las RSD inferiores a 0,500 Kg. Los mejores ajustes se obtuvieron con los espacios de difusión calculados a partir de las concentraciones registradas a las 3 horas y a las 3+5 horas post-infusión ( $RSD=0,340$  Kg.;  $c.v.=1,18$  p.100, en ambos casos).

Cuando se introdujo la diferencia de pesos entre las 4-7 horas post-infusión y el sacrificio como segunda variable independiente (tabla 46), mejoró ostensiblemente la precisión de las estimaciones del volumen de agua corporal de las ovejas sacrificadas a las 31 horas, alcanzándose valores de RSD y  $c.v.$  similares e incluso inferiores a los obtenidos con los animales sacrificados a las 7 horas post-infusión. La mejora en la precisión de la predicción del volumen de agua corporal con la introducción de la diferencia de peso junto al espacio de difusión como variables independientes se refleja gráficamente en la Figura 13, en la cual, y a título de ejemplo, se representa la relación

**Tabla 46.- Precisión de la estimación del contenido en agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (ED) y de las variaciones de peso entre 4-7 horas después de la infusión (1) y el sacrificio (DP). (n = 8 ovejas sacrificio a las 31 horas Experimento 1).**

muestras utilizadas para el cálculo del ED	r <sup>2</sup>	RSD	c.v. (p. 100).
3h	0,977	0,591	2,05
5h	0,991	0,368	1,27
7h	0,998	0,184	0,64
(3h + 5h)/2	0,984	0,479	1,66
(5h + 7h)/2	0,995	0,268	0,93
<hr/>			
Co (2)			
3, 5, 7, 27, 29, 31h	0,988	0,435	1,51
3, 5, 27, 29h	0,980	0,533	1,85
5, 7, 29, 31h	0,992	0,328	1,14

(1) Media de los pesos registrados a las 4 y 7 horas post-infusión

(2) Co = calculo de ED por extrapolación al tiempo cero de la función  $\log_{10} C = \log_{10} a - bt$

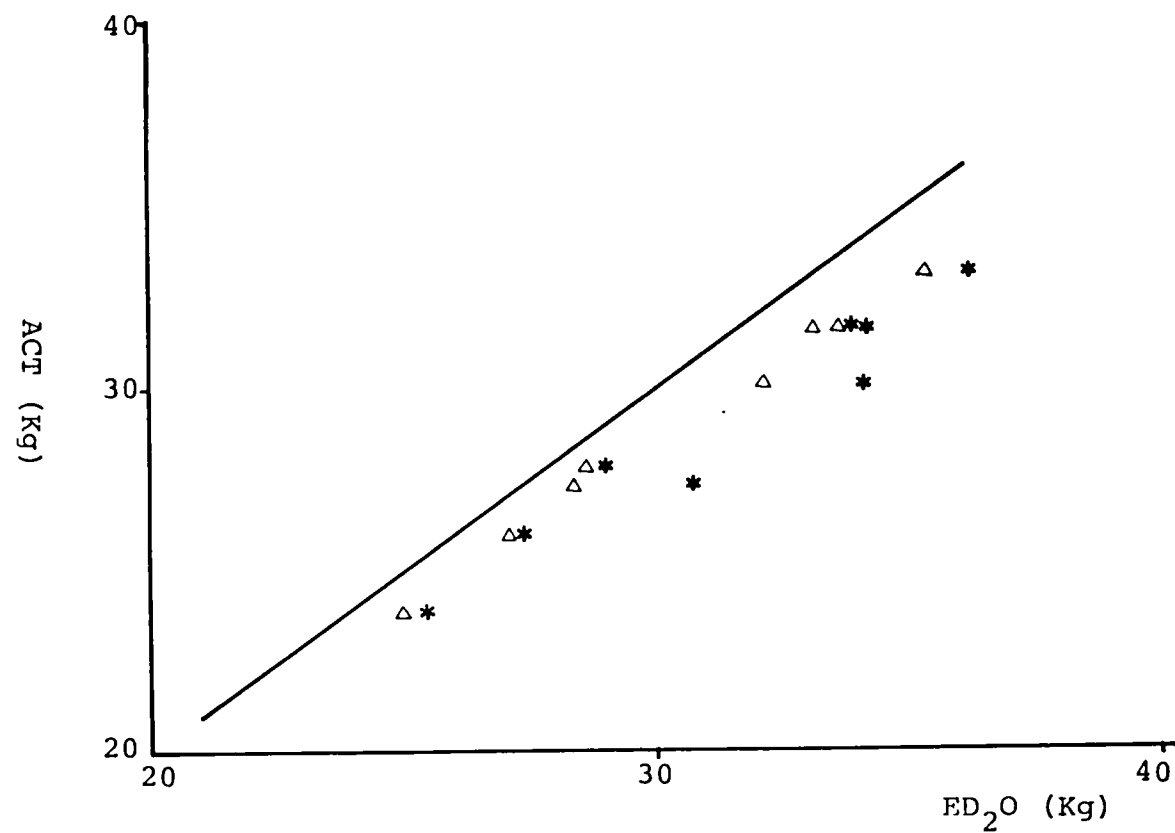


Figura 13.- Corrección del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O para la diferencia entre el peso medio registrado a las 5 y 7 h. post-infusión y el peso al sacrificio.  
 Δ, ED<sub>2</sub>O; \*, ED<sub>2</sub>O corregido.

entre el contenido en agua del cuerpo al sacrificio y el ED03 de las ovejas sacrificadas a las 31 horas tomando en abscisas los valores originales o aquellos corregidos para la variación individual de peso, multiplicada por la proporción de agua en el contenido digestivo de cada animal (se consideró que las diferencias de peso registradas se debieron fundamentalmente a las variaciones en el contenido del aparato digestivo).

Los mejores ajustes se obtuvieron al considerar como variables independientes el ED7 y el ED57 junto a la diferencia de pesos (RSD=0,184 Kg. y 0,268 Kg; c.v.=0,64 y 0,93 p.100,respectivamente), siendo ligeramente mejores al obtenido con el EDo3 y la diferencia de pesos (RSD=0,328 Kg.;c.v.=1,14 p.100).

No se puso de manifiesto un efecto significativo del plano de alimentación sobre las relaciones establecidas entre el volumen de agua del cuerpo y el espacio de difusión del óxido de deuterio, ni en los animales sacrificados a las 7 horas post-infusión, ni en aquellos que lo fueron a las 31 horas, aunque en éstos últimos cuando no se consideró la diferencia de pesos como segunda variable independiente, las diferencias en las ordenadas en el origen entre planos, fueron próximas a la significación ( $p \leq 0,10$ ).

Las mejores ecuaciones de regresión obtenidas en esta experiencia fueron las siguientes:

Ovejas sacrificadas a las 31 horas (n = 8):

$$(1) \text{ Agua (Kg) } = 1,380 + \underset{\pm 0,0187}{0,855 \text{ (ED7)}} - \underset{\pm 0,0737}{0,624 \text{ (DP)}}$$

$$R^2 = 0,998 ; \text{ RSD } = 0,184 \text{ Kg; c.v. } = 0,64 \text{ p. } 100$$

$$(2) \text{ Agua (Kg) } = 2,241 + \underset{\pm 0,0343}{0,878 \text{ (ED03)}} - \underset{\pm 0,1325}{0,732 \text{ (DP)}}$$

$$R^2 = 0,992 ; \text{ RSD } = 0,328 \text{ Kg; c.v. } = 1,14 \text{ p. } 100$$

Ovejas sacrificadas a las 7 horas (n=8):

$$(3) \text{ Agua (Kg)} = 0,599 + 0,914 (ED3) \\ \pm 0,0239$$

$$R^2 = 0,996 ; \text{RSD} = 0,340 \text{ Kg}; \text{c.v.} = 1,18 \text{ p. } 100$$

El Experimento 1 se diseñó con el fin de estudiar el efecto del plano de alimentación sobre el tiempo que tarda el óxido de deuterio en alcanzar el equilibrio con el agua del cuerpo, y su repercusión sobre la estimación de dicho volumen de agua, según que se hiciese a partir de la concentración del marcador determinada a una hora fija después del momento de la infusión o estimada por extrapolación a cero de la curva de eliminación. La hipótesis de que se partió fue que si el plano de alimentación afecta al ritmo de renovación del marcador, y por consiguiente al tiempo que tarda en alcanzar el equilibrio en el agua corporal, la predicción del volumen de agua a partir de la concentración del marcador en sangre registrada a una hora determinada, independientemente del plano, mostraría una menor precisión que si se hiciese a partir de la concentración estimada para el tiempo cero o de infusión ( $C_0$ ), ya que en este caso se corrige implícitamente para las posibles diferencias en el ritmo fraccional de renovación del marcador. Por otra parte, aún en el caso de que se cumpliera esta hipótesis, el hecho de que para determinar  $C_0$  se necesite sacrificar a los animales en un momento bastante alejado al de la estimación de su volumen de agua, podría introducir una fuente de variación que puede no ser compensada por la mayor precisión en la estimación del volumen de agua mediante este método. Por ello se sacrificaron también animales a las 7 horas post-infusión en vez de a las 31 horas, es decir en condiciones más próximas a aquellas en las que se estima el volumen de agua.

Los resultados muestran que los planos establecidos no dieron lugar a una modificación del tiempo de equilibrio del marcador en el agua corporal, por lo que no se puede contrastar la hipótesis inicial. Aún así, cuando los animales se sacrificaron a



las 31 horas y se tuvo en cuenta la diferencia de pesos entre las 4-7 horas (tiempo próximo al que tarda el marcador en alcanzar el equilibrio con el agua corporal) y el sacrificio, ambas variables explicaron cerca del 99 p.100 de la variación del contenido de agua del cuerpo de las ovejas al sacrificio, siendo los ajustes similares a los obtenidos cuando los animales se sacrificaron a las 7 horas. En consecuencia, se optó por sacrificar a los animales en el Experimento 2 a las 31 horas, lo cual permite la determinación del ED puntual y por extrapolación, así como conocer el ritmo fraccional de renovación del marcador.

### Experimento 2.

De los 48 animales de la experiencia, uno de ellos presentó en sus muestras de sangre, unos registros anómalos en el espectrómetro, por lo que se eliminó del estudio de la predicción de la composición corporal a partir del espacio de difusión del  $D_2O$ . Las ovejas de este experimento, fueron dosificadas con  $D_2O$  a lo largo de todo su ciclo productivo, de ahí que previamente a una nueva infusión del marcador, se extrajera una muestra de sangre con el fin de determinar si existía algún residuo del marcador. Las alturas registradas en el espectrómetro correspondientes a la muestra pre-inyección, resultaron en todos los casos prácticamente iguales a las alturas del estandar de concentración cero (agua destilada). A título de verificación se establecieron relaciones entre el agua corporal y el espacio de difusión calculado a partir de concentraciones en sangre a las que se les había sustraído la concentración pre-inyección y en ningún caso mejoró la estimación ni se modificaron las ecuaciones de predicción del agua corporal.

En la tabla 47 figuran los valores medios de los diferentes espacios de difusión del  $D_2O$ , calculados a partir de las concentraciones puntuales o estimadas por extrapolación tal y como se indicó en el Experimento 1. Se presentan también los resultados de los análisis de varianza llevados a cabo para estudiar el efecto fase sobre la magnitud de la sobreestimación de los valores de espacio de difusión, en relación a la cantidad de agua determinada después del sacrificio de los animales, así como las diferencias de peso de los animales entre las 5-7 horas post-infusión (media de ambos pesos) y el sacrificio.

**TABLA 47. Comparación del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O con el agua corporal determinada. (n=47 ovejas. Experimento 2).**

Agua corporal	Determinada al sacrificio	Estimada a partir del espacio de difusión del D <sub>2</sub> O (1)					
		ED <sub>3</sub>	ED <sub>5</sub>	ED <sub>7</sub>	ED <sub>01</sub>	ED <sub>02</sub>	ED <sub>03</sub>
Gestantes	31,99	33,37	34,04	34,73	32,97	32,85	33,12
n=13 (es x)(2)	(0,856)	(0,589)	(0,761)	(0,555)	(0,666)	(0,633)	(0,741)
Lactación inicial	30,89	32,34	33,43	34,03	31,89	31,79	32,13
n=12 (es x)	(0,919)	(0,843)	(0,975)	(0,857)	(0,887)	(0,886)	(0,939)
Lactación final	29,41	31,02	31,76	32,22	30,33	30,32	30,40
n=12 (es x)	(0,936)	(1,055)	(1,071)	(0,977)	(1,046)	(1,042)	(1,058)
Vacías	27,27	28,27	29,39	32,22	29,70	28,43	28,83
n=10 (es x)	(1,094)	(1,078)	(1,084)	(1,066)	(1,069)	(1,069)	(1,076)
<u>Sobreestimación (3).</u>							
Gestantes		4,6	6,6	8,6	3,3	2,9	3,7
(p.100)							
Lactantes inico		4,9	8,3	10,3	3,4	3,0	4,1
(p.100)							
Lactantes final		5,4	7,9	9,5	3,0	3,0	3,3
(p.100)							
Vacias		3,7	7,9	9,0	4,3	3,7	5,8
(p.100)							
RSD		3,913	3,339	3,496	3,662	3,754	3,691
P		NS	NS	NS	NS	NS	NS
Sobreestimación media		4,7	7,6	9,4	3,5	3,2	4,1
p.100 (es x)		(0,56)	(0,48)	(0,50)	(0,52)	(0,53)	(0,54)

(1) ED (x) = espacio de difusión calculado según se especifica en el texto.

(2) es x = error estandard de la media

(3) La sobreestimación corresponde a la media de las sobreestimaciones individuales, del espacio de difusión del óxido de deuterio en relación al contenido en agua del cuerpo de las ovejas determinada al sacrificio.

Al igual que en el Experimento 1, los valores obtenidos para el espacio de difusión fueron en todos los casos superiores a los del contenido en agua del cuerpo determinado al sacrificio, siendo mayor la sobreestimación cuando los ED se calcularon a partir de las concentraciones puntuales después de la infusión que cuando se hizo a partir de las concentraciones estimadas por extrapolación.

En general, las sobreestimaciones fueron inferiores a las encontradas en el Experimento 1 (entre el 3 y el 10 p.100, según la forma de cálculo) y también fueron inferiores las diferencias medias de peso entre las 5-7 horas post-infusión y el sacrificio. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre fases en el grado de sobreestimación, aunque en el caso de los ED calculados a partir de las concentraciones puntuales del marcador en sangre (ED3,5 y 7), las sobreestimaciones en relación al volumen de agua al sacrificio fueron ligeramente superiores en los animales lactantes.

En las ovejas LF, tres de las cuales fueron alimentadas a un plano alto (próximo a 3,5 veces las necesidades de mantenimiento) y nueve a un plano bajo (próximo a dos veces las necesidades de mantenimiento), no se pusieron de manifiesto diferencias significativas entre planos, en el grado de sobreestimación del agua corporal a partir del espacio de difusión del óxido de deuterio. Los valores medios de sobreestimación (p. 100) fueron:

	ED3	ED5	ED7	EDo1	EDo2	EDo3
Plano alto (n=3)	8,1	8,3	9,1	3,6	4,3	3,5
Plano bajo (n=9)	4,5	7,8	9,7	2,9	2,6	2,5

En la tabla 48.a figuran las ecuaciones de predicción del agua corporal determinada al sacrificio a partir del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O obtenido según las diferentes formas de cálculo,

incluyendo los calculados a partir de las concentraciones medias obtenidas en las tomas efectuadas a las 3 y 5 horas (ED35) y a las 5 y 7 horas post-infusión (ED57). En la tabla 49<sup>42,5</sup> se presentan las ecuaciones obtenidas cuando se introdujo como segunda variable independiente la diferencia de pesos entre la media de los registrados a las 5 y 7 horas post-infusión y el peso al sacrificio (DP). Las ecuaciones, en ambas tablas, fueron establecidas con el total de 47 animales, sin considerar la fase fisiológica en que se encontraban.

El espacio de difusión del óxido de deuterio explicó aproximadamente un 90 p.100 de la variación del volumen de agua de los animales al sacrificio. El empleo de la diferencia de peso entre las 5-7 horas post-infusión y el sacrificio, como segunda variable independiente, supuso un descenso de más del 25 p.100 en los RSD y c.v. de las distintas ecuaciones, explicando ambas variables más del 95 p.100 de la variación del contenido en agua del cuerpo, salvo cuando se considera el espacio de difusión calculado a partir de la concentración a las 3 horas post-infusión ( $r^2=0,93$ ).

Los mejores ajustes se obtuvieron al considerar como variables independientes el ED7 y el EDo3, ambos junto a la diferencia de pesos (DP) (RSD=0,688 Kg. y 0,692 Kg.; c.v.=2,29 y 2,30 p.100, respectivamente).

Las pequeñas diferencias en el grado de sobreestimación del volumen de agua corporal que mostraron las ovejas lactantes en relación a las vacías y gestantes, cuando los ED se calcularon a partir de las concentraciones del óxido de deuterio a las 3,5 y 7 horas después de la infusión (tabla 47) no se reflejaron en diferencias estadísticamente significativas en las relaciones entre el volumen de agua corporal y el espacio de difusión, ni cuando en las relaciones se introdujo la diferencia de pesos como segunda variable independiente. Tampoco dentro de los animales LF se observaron diferencias significativas en dichas relaciones entre los dos planos de alimentación (alto y bajo).

Antes de establecer ecuaciones de predicción del volumen de agua del cuerpo a partir de los ED comunes para el total de las

**TABLA 48 a. Ecuaciones de predicción del contenido de agua del cuerpo (Kg) a partir del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (ED). (n=47 ovejas. Experimento 2).**

	Muestras utilizadas para el cálculo del ED	Coefficiente de regresión ED	Ordenada en el origen	r <sup>2</sup>	RSD	CV (p. 100)
(1)	3h	0,968±0,0503	-0,371	0,892	1,190	3,96
(2)	5h	0,942±0,0391	-0,389	0,928	0,970	3,23
(3)	7h	0,907±0,0373	0,266	0,929	0,962	3,20
(4)	(3h + 5h)/2	0,965±0,0427	-0,698	0,919	1,03	3,42
(5)	(5h + 7h)/2	0,930±0,0370	-0,229	0,934	0,932	3,10
	<u>Co (1)</u>					
(6)	3, 5, 7, 27, 29, 31h	0,984±0,047	-0,497	0,906	1,107	3,68
(7)	3, 5, 27, 29h	0,986±0,0492	-0,463	0,899	1,149	3,82
(8)	5, 7, 29, 31h	0,963±0,0461	-0,037	0,907	1,106	3,68

(1) Co = cálculo de ED por extrapolación al tiempo cero de la función  $\log_{10} C = \log_{10} Co - bt$

**TABLA 48 b.** Ecuaciones de predicción del contenido en agua del cuerpo (Kg) a partir del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (ED) y de la diferencia de pesos entre el peso registrado a las 5-7h. post-infusión y el peso al sacrificio (DP). n=47 ovejas.

	Muestras utilizadas para el cálculo del ED	Coeficiente de regresión		Ordenada en el origen	R <sup>2</sup>	RSD	CV (p. 100)
		ED	DP				
(1)	3h	0,985±0,0411	-0,855±0,1747	-0,627	0,930	0,969	3,22
(2)	5h	0,954±0,0293	-0,789±0,1307	-0,520	0,961	0,726	2,41
(3)	7h	0,916±0,0290	-0,745±0,1345	0,205	0,958	0,747	2,49
(4)	(3h + 5h)/2	0,980±0,0324	-0,826±0,1403	-0,896	0,955	0,778	2,59
(5)	(5h + 7h)/2	0,940±0,0273	-0,770±0,1238	-0,328	0,965	0,688	2,29
	<u>Co (1)</u>						
(6)	3, 5, 7, 27, 29, 31h	1,014±0,0308	-1,032±0,1300	-1,104	0,962	0,718	2,39
(7)	3, 5, 27, 29h	1,013±0,0351	-0,994±0,1474	-0,991	0,950	0,815	2,71
(8)	5, 7, 29, 31h	0,994±0,029	-1,057±0,1254	-0,687	0,964	0,692	2,30

(1) Co = cálculo de ED por extrapolación al tiempo cero de la función  $\log_{10} C = \log_{10} Co - bt$

ovejas de los experimentos 1 y 2 ( $n=55$ ), se estudió la posible existencia de diferencias en dichas relaciones entre ambos experimentos. Dicho efecto, se analizó dentro de la fase lactación final, ya que es la única común a ambos experimentos, (8 ovejas Experimento 1 y 12 del Experimento 2). En todas las relaciones establecidas entre el agua corporal y el  $ED_2O$ , se manifestaron diferencias estadísticamente significativas entre experimentos, sin embargo, cuando la diferencia de peso se introdujo como segunda variable independiente, desaparecieron dichas diferencias, cualquiera que sea la forma de cálculo del  $ED_2O$ .

En la tabla 49 se presentan las ecuaciones de predicción del contenido en agua del cuerpo a partir de espacio de difusión del  $D_2O$  y de las variaciones de peso de las ovejas entre las 4-7 y 5-7 horas de la infusión (Experimento 1 ó 2, respectivamente) y al sacrificio, para un total de 55 animales sacrificados a las 31 horas.

Excepto cuando se utilizó el ED calculado a partir de la concentración del  $D_2O$  en la sangre a las 3 horas post-infusión, el ED y la diferencia de pesos explicaron más del 95 p. 100 de la variación del contenido en agua del cuerpo, pudiendo ser predicho éste con un coeficiente de variación inferior al 3 p. 100.

Las mejores predicciones se obtuvieron con el espacio de difusión calculado por extrapolación a partir de las concentraciones registradas a las 5, 7, 29 y 31 horas post-infusión ( $RSD = 0,677$  Kg ; c.v. = 2,27 p. 100) y con el ED calculado a partir de la concentración media a las 5 y 7 horas post-infusión ( $RSD = 0,712$  Kg, c.v. = 2,38 p. 100).

Al considerar conjuntamente los animales de ambas experiencias, se pusieron de manifiesto diferencias estadísticamente significativas entre fases en las ordenadas en el origen de las relaciones establecidas entre el volumen de agua corporal al sacrificio y los espacios de difusión calculados a partir de las concentraciones del  $D_2O$  en sangre a las 3,5 y 7 horas o a partir de las concentraciones medias  $3+5/2$  y  $5+7/2$ , considerando las diferencias de peso como segunda variable independiente. El estudio se llevó a cabo mediante análisis de

**TABLA 49.** Ecuaciones de predicción del contenido en agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (ED) y de las variaciones de peso (DP). (n=55 ovejas).

Muestras utilizadas para el cálculo de ED		Coeficientes de regresión		Ordenada en el origen	R <sup>2</sup>	RSD	CV (p. 100)
		ED	DP				
(1)	3h	0,961±0,0395	-1,004±0,1585	0,042	0,920	1,013	3,39
(2)	5h	0,938±0,0287	-0,903±0,1198	-0,102	0,954	0,768	2,57
(3)	7h	0,910±0,0268	-0,824±0,1151	0,341	0,958	0,739	2,47
(4)	(3h + 5h)/2	0,958±0,0322	-0,960±0,1310	-0,307	0,945	0,838	2,81
(5)	(5h + 7h)/2	0,929±0,0263	-0,867±0,1110	-0,038	0,961	0,712	2,38
(6)	3,5,7,27,29,31h	0,996±0,0289	-1,080±0,1145	-0,605	0,959	0,730	2,44
(7)	3,5,7,29h	0,992±0,033	-1,071±0,1313	-0,401	0,946	0,837	2,80
(8)	5,7,27,29,31h	0,981±0,0263	-1,063±0,1062	-0,323	0,964	0,677	2,27

(1) Co = cálculo de ED por extrapolación al tiempo cero de la función  $\log_{10} C = \log_{10} Co - bt$



covarianza en el que ambas variables independientes se consideraron como covariadas, presentándose los resultados en la tabla 50. Las diferencias entre fases se manifestaron en el sentido de que para un mismo espacio de difusión y diferencia de pesos, las ovejas lactantes presentaban un menor contenido en agua que las vacías y gestantes, aunque las diferencias sólo fueron significativas entre éstas y las LF.

Por el contrario, cuando se utilizó como variable independiente los espacios de difusión calculados a partir de las concentraciones estimadas por extrapolación, junto con la diferencia de pesos, no se pusieron de manifiesto diferencias estadísticamente significativas entre fases. Al considerar dicho efecto, no se observó ninguna mejoría en la predicción.

Se estudió también el efecto del plano de alimentación sobre la relación entre el agua corporal y el espacio de difusión del  $D_2O$  (calculado a partir de las concentraciones puntuales o por extrapolación), considerando conjuntamente los 8 animales del Experimento 1 sacrificados a las 31 horas y las 12 ovejas LF del Experimento 2 (7 ovejas en el plano alto y 13 en el plano bajo de alimentación). No se observaron diferencias estadísticamente significativas ni en las ordenadas en el origen, ni en los coeficientes de regresión entre planos, salvo cuando se consideró como variable independiente el ED3 junto a la diferencia de peso.

**TABLA 50 Ecuaciones de predicción del contenido en agua del cuerpo a partir del espacio de difusión del D2O (ED) y de la diferencia de peso (DP) teniendo en cuenta el efecto fase (n = 55 animales).**

VARIABLES INDEPENDIENTES		FASE	ORDENADA ORIGEN	COEFICIENTES REGRESION		R2	RSD	C.V. (p.100)
X1	X2			b1	b2			
(1) ED3	DP	G	- 0,639a	0,989 ± 0,0413	- 1,030 ± 0,01455	0,923	0,911	3,05
		LI	- 0,743ab	"	"	"	"	"
		LF	- 1,412b	"	"	"	"	"
		V	- 0,007a	"	"	"	"	"
(2) ED5	DP	G	0,472a	0,935 ± 0,0287	- 0,894 ± 0,01082	0,956	0,663	2,29
		LI	- 0,079ab	"	"	"	"	"
		LF	- 0,440b	"	"	"	"	"
		V	- 0,312a	"	"	"	"	"
(3) ED7	DP	G	0,459a	0,917 ± 0,0280	- 0,831 ± 0,1075	0,957	0,681	2,28
		LI	- 0,024ab	"	"	"	"	"
		LF	- 0,212b	"	"	"	"	"
		V	0,547	"	"	"	"	"
(4) ED35	DP	G	- 0,404a	0,972 ± 0,0325	- 0,969 ± 0,1179	0,949	0,742	2,48
		LI	- 0,725ab	"	"	"	"	"
		LF	- 1,230b	"	"	"	"	"
		V	- 0,152a	"	"	"	"	"
(5) ED57	DP	G	0,263a	0,932 ± 0,0260	- 0,868 ± 0,1013	0,962	0,634	2,12
		LI	- 0,251bc	"	"	"	"	"
		LF	- 0,526b	"	"	"	"	"
		V	0,255a03	"	"	"	"	"

### 3.2.- Discusión.

#### 3.2.1.- Tiempo de equilibrio y vida media del marcador en el organismo.

Los resultados indican que con los planos de alimentación utilizados en el presente trabajo, que abarcan un amplio rango de las situaciones que se pueden dar en la práctica (desde 0,8 a 3,5 veces las necesidades de mantenimiento) y cualquiera que sea la fase fisiológica en que se encuentran las ovejas, el óxido de deuterio alcanza el equilibrio en el agua corporal dentro de las tres primeras horas después de su infusión, si los animales no son privados de alimento durante su manipulación.

Estos resultados quedan reflejados por el hecho de que a las tres horas la concentración del marcador en distintos fluidos orgánicos es similar a la encontrada en sangre, fluido en el que es infundido (tablas 28, 32, 33, 34 y 35), siendo este el método empleado por la mayor parte de los autores (Till y Downes, 1962; Foot y Greenhalgh, 1970; Little y Morris, 1972; Smith y Sykes, 1974; Cowan y col., 1979, 1980b) para determinar el tiempo de equilibrio del agua marcada (deuterio o tritio) en el organismo. Las concentraciones en orina presentaron, en general, valores erráticos y superiores a los encontrados en los restantes fluidos. Houseman (1972) y Cowan y col. (1980b), también observaron concentraciones en orina excesivamente altas y anómalas, asociando este hecho a la dificultad de obtención de muestras puras de agua en la destilación de la orina, aunque no se descarta que puedan existir razones fisiológicas que expliquen la elevada concentración de marcador encontrada en orina.

Por otra parte, se estudió el tiempo que tarda el marcador en alcanzar el equilibrio con el agua del cuerpo, basado en el ajuste de los datos de su concentración en sangre a la función que define la evolución teórica de un marcador cuando ha alcanzado el equilibrio después de una dosis única. Este método no parece haber sido utilizado por ningún autor, según la bibliografía consultada. Los resultados de estos análisis confirman los anteriores (tablas 30 y 37). Únicamente en las ovejas vacías y secas, se observa una mejora sustancial en el ajuste cuando no se tiene en cuenta la hora +3 después de la infusión, pero el hecho de considerar o no esta toma tampoco supuso diferencias estadísticamente significativas en el coeficiente de determinación y la desviación estandard (tabla 37).

Los tiempos de equilibrio encontrados por otros autores que han empleado óxido de deuterio o agua tritiada en ovino y vacuno, son en general superiores, oscilando entre las 4 y 10 horas después de la infusión en sangre (Cuadro 10, Revisión Bibliográfica), a excepción de Searle (1970) quien observa un periodo similar a nosotros (2 horas) en corderos de menos de cuatro semanas y algo más largo (4 horas) en animales a partir de esta edad, y de Arnold y col. (1985) en vacuno, quienes señalan que el equilibrio se alcanza a las 3-4 horas post-infusión.

Parte de las diferencias pueden deberse a factores relacionados con el tipo de animales o marcador empleados, pero el factor diferenciador más importante es que salvo Foot y Greenhalgh (1970), el resto de los autores someten a los animales a distintos periodos de ayuno y/o suprimen el agua durante un determinado tiempo mientras que durante la manipulación de los animales, Smith y Sykes (1974) señalan que la supresión de alimento y agua puede incrementar el tiempo de difusión debido a la secreción salivar. En nuestro caso la alimentación continuada de las ovejas sin duda favorece la rápida difusión del marcador observada, tal y como previamente habían indicado Tissier y col. (1983), los cuales no sometieron a los animales a ayuno ni antes ni después de la dosificación con  $D_2O$ .

La diferencia en el plano de alimentación a que estuvieron sometidos los animales del experimento 1 durante los 10 días previos a la infusión del óxido de deuterio y durante el periodo de toma de muestras no se reflejaron en un distinto comportamiento del marcador en lo que se refiere al tiempo en que se alcanzó el equilibrio con el agua corporal (tablas 28, 29 y 30) o al ritmo fraccional de renovación y vida media (tabla 31). Tampoco las diferencias en el plano de alimentación durante la lactación en el segundo experimento tuvieron un reflejo claro en el tiempo que tarda en alcanzar el  $D_2O$  el equilibrio (tabla 39, 41), aunque en la última de ellas se observa que mientras en los animales del plano alto el ajuste de los datos a la función que define la evolución del marcador una vez alcanzado el equilibrio no mejora por el hecho de la exclusión de la toma +2 h ni después de la infusión, en las del plano bajo mejora sustancialmente si no se tiene en cuenta esta toma. Por otra parte, la tabla 42 muestra que el ritmo fraccional de renovación del marcador fue superior en

los animales del plano alto ( $0,9 \text{ p. } 100 \times \text{h}^{-1}$  frente a  $0,6 \text{ p. } 100 \text{ h}^{-2}$ ), lo que explica las menores concentraciones registradas en sangre y leche en los animales sometidos a este plano (tabla 40). Las mayores concentraciones de marcador en el líquido ruminal de las ovejas del plano alto, no tienen una explicación fisiológica clara, máximo teniendo en cuenta que un mayor plano de alimentación supone por lo general una mayor ingestión de agua con el alimento y bebida. No obstante el mayor flujo de agua al rumen proviene de la saliva y si el ritmo de renovación del marcador es más elevado, la concentración en este fluido pudo ser superior al de las ovejas del plano bajo, particularmente en las primeras horas de muestreo que es cuando se mostraron las diferencias más significativas.

En la bibliografía consultada son escasas y poco concluyentes las referencias al efecto del plano de alimentación sobre el comportamiento del marcador; McManus y col. (1969) determinan el tiempo de equilibrio del tritio inyectado interperitoneal en conejos y ratas sometidas a dos planos de alimentación diferentes ("ad libitum" y mantenimiento), no observando diferencias entre planos en el momento en que ese se alcanzaba (75-110 minutos y 75-125 minutos, respectivamente). Sin embargo, Foot y col. (1979), en ovino, aunque en concreto no indican si existen diferencias en el tiempo de equilibrio entre planos, observan diferencias en la vida media del marcador y por tanto en el ritmo fraccional de renovación entre planos, siendo este último, en el plano alto, mayor que en el bajo, lo que en cierto modo podría indicar la existencia de diferencias en el tiempo de equilibrio.

El hecho de que en el segundo experimento se haya observado una mayor respuesta, aunque escasa, en el comportamiento del marcador en relación con el plano de alimentación, podría deberse a que mientras estos animales recibieron dichos planos desde el inicio de la lactación y se reflejaron en diferencias notables en los niveles de producción de leche (Sebastian, 1987), en el primer experimento, aunque no se registraron las producciones, es probable que se viesan escasamente afectadas por el nivel de ingestión, máxime teniendo en cuenta que se les separó los corderos al comenzar los tratamientos y la lactación se

mantuvo mediante ordeño. Esto es, el ritmo fraccional de renovación del marcador en el organismo y en consecuencia el tiempo que tarda en alcanzar el equilibrio con el agua del cuerpo podría venir afectado en mayor medida por el nivel de producción de los animales que por la mayor ingestión de alimento en sí mismo.

Las tablas 32 a 35, en las que se presenta la concentración del marcador en sangre y en otros fluidos para cada fase, no reflejan la existencia de diferencias notables entre fases en el tiempo que tarda el marcador en alcanzar el equilibrio en los distintos fluidos. No obstante, mientras en las ovejas gestantes y en las vacías y secas la concentración de  $D_2O$  en el líquido ruminal en la primera hora fue claramente inferior a la registrada en la sangre ( $p \leq 0,05$ ) e incluso, en el caso de las vacías y secas, también en la segunda ( $p \leq 0,1$ ), en los lactantes desde la primera hora se observa la misma concentración en sangre y leche (y en líquido ruminal en el caso de LF), lo cual sería un reflejo de que el marcador alcanzó antes el equilibrio en el agua del organismo.

Del mismo modo, en la tabla 37 se pone en evidencia que en las ovejas lactantes, la evolución de la concentración del marcador en la sangre se ajusta desde la segunda hora con gran precisión a la función que describe la evolución teórica del marcador una vez alcanzado el equilibrio, en tanto que en las gestantes y en las vacías y secas, aumentó la precisión del ajuste cuando se eliminaron las concentraciones obtenidas a las 2 horas y a las 2 y 3 horas post-infusión, respectivamente.

El distinto comportamiento del marcador en el organismo entre las ovejas lactantes y las vacías y las gestantes, se manifiesta, sin embargo, con mucha más claridad en su ritmo fraccional de renovación y vida media en el agua del organismo, siendo el primero de estos parámetros prácticamente el doble en las lactantes (0,9 y 0,8 p.  $100 \times h^{-1}$  para las LI y LF, respectivamente) que en las gestantes y en las vacías y secas (0,4-0,5 p.  $100 \times h^{-1}$ ), en tanto que el segundo fue prácticamente el doble en estas últimas (entre 160 y 180 horas), que en las primeras (entre 78 y 98 horas). De hecho, se observó que las concentraciones medias

obtenidas en los distintos fluidos fueron superiores en las ovejas gestantes y vacías que en las lactantes (tabla 36 a y c), lo que refleja una mayor pérdida de marcador en éstas últimas.

Son escasos los trabajos en los que se ha estudiado el efecto de la fase fisiológica sobre el tiempo de equilibrio del marcador. Cowan y col (1979) con ovejas lactantes a las que se les dió de comer 1/2 hora antes de la inyección, pero se les retiró el agua inmediatamente después de la dosificación con  $D_2O$ , encontraron diferencias en el tiempo necesario para que el marcador alcanzara el equilibrio entre los distintos estadios de lactación. Dado que estos autores únicamente habían realizado tomas de sangre a las 4 y 6 horas, no pudieron concretar el tiempo de equilibrio para cada uno de los estadios estudiados, pero consideraron que los animales a los 12 y 41 días de lactación a estas horas ya habían alcanzado el equilibrio, mientras que las ovejas a los 111 días de lactación, todavía no lo habían alcanzado. En un trabajo posterior (Cowan y col. 1980b) encuentran diferencias sustanciales en el tiempo de equilibrio entre fases situándolo entre 4 horas post-infusión para las ovejas gestantes (136 días de gestación) y lactación inició (3 días post-parto), en 2,5 horas para las ovejas en el día 42 de lactación y en 8 horas post-infusión para las ovejas vacías y secas.

Por el contrario, son numerosas las referencias encontradas en la bibliografía que demuestran un mayor ritmo fraccional de renovación del "pool" de agua corporal en los animales lactantes respecto a gestantes o vacíos y secos (McFarlane y Howard, 1972; Degen, 1977; Foot y col., 1979). Estos últimos autores obtuvieron ritmos de renovación que oscilaron entre 0,3 y 0,4 p. 100 x  $h^{-1}$  en ovejas vacías; 0,4 y 0,6 p. 100 x  $h^{-1}$  en ovejas al final de gestación; entre 0,9 y 1,3 p. 100 x  $h^{-1}$  en ovejas en las 5 primeras semanas de lactación y entre 0,6 y 0,9 p. 100 x  $h^{-1}$  cuando los animales se encontraban entre las 9 y 13 semanas de lactación. Cowan y col. (1980b) observaron valores de 0,5, 0,6, 0,7 y 1 p. 100 x  $h^{-1}$  en ovejas vacías y secas, gestantes (136 días de gestación), a los 3 días post-parto y a los 42 días de lactación, respectivamente. En ambos trabajos, los animales en lactación criaban dos corderos y producían algo más de 2 Kg al día de leche.

Aunque en nuestro trabajo, como en el de la mayor parte de los autores, se confunde el efecto "fase fisiológica" con el efecto "plano de alimentación", dado que éste fue superior en las lactantes que en las gestantes y en las vacías, atendiendo a los resultados encontrados al estudiar el efecto plano de alimentación, parece evidente que el ritmo de renovación del agua y por consiguiente del marcador, es superior en las ovejas lactantes, independientemente del plano de alimentación, debido probablemente a la alta actividad metabólica y a la exportación de agua en la leche. Sin embargo estas diferencias no suponen grandes variaciones en el tiempo que tarda el óxido de deuterio en alcanzar el equilibrio con el agua corporal, que parece ocurrir en las tres primeras horas después de la infusión, cualquiera que sea la fase considerada.

### 3.2.2.- Estimación del agua corporal a partir del espacio de difusión del óxido de deuterio.

El espacio de difusión calculado a partir de las concentraciones puntuales del marcador en las primeras horas después de alcanzar el equilibrio con el agua del cuerpo, sobreestima el volumen de agua del cuerpo de los animales determinado en el momento del sacrificio (aproximadamente 24 horas más tarde). Las sobreestimaciones flucturaron entre un 7 y 16 p. 100 en el experimento 1 y entre un 4 y un 10 p. 100 en el experimento 2, según la toma considerada, valores que se encuentran dentro del rango de los obtenidos por distintos autores (Cuadro 11, Revisión Bibliográfica).

La principal causa de tales sobreestimaciones es la pérdida de marcador a través de la orina, heces, respiración y evaporación, desde la infusión hasta el momento en el que se realiza la toma de sangre para determinar su concentración, siendo la sobreestimación tanto mayor cuanto más se aleja el momento de la toma del de la infusión ( $ED_7 > ED_5 > ED_3$ ). estas pérdidas inevitables de marcador no explican sin embargo, el total de la sobreestimación obtenida.

Atendiendo a nuestros resultados, si consideramos un ritmo fraccional de renovación del marcador de  $0,009 \times h^{-1}$  (valor medio



máximo obtenido en el presente trabajo para los aniamles lactantes) y una cantidad de  $D_2O$  inyectada de 30 g (dosis aproximada que se emplea en un animal de 45 Kg de peso vivo, para procurar alcanzar una concentración al equilibrio próxima al 1 p. 1000), la pérdida de marcador desde la infusión hasta las 7 horas post-infusión sería de 1,83 g. Si el volumen real de agua del animal es de 30 Kg, la concentración que obtendríamos a las 7 horas de la infusión sería de 0,939 p. 1000 en lugar de 1 p. 1000, por lo cual la cantidad de agua estimada sería de 31,95 Kg, esto es, únicamente una sobreestimación de aproximadamente 6,5 p. 100.

De hecho, cuando se calculan los espacios de difusión a partir de las concentraciones obtenidas por extrapolación a cero de la curva de eliminación del marcador, en cuyo caso se corrige por las pérdidas a que nos hemos referido, aunque las sobreestimaciones disminuyen claramente siguen persisitiendo (entre el 6 y el 10 p. 100, experimento 1 y entre el 3 y 6 p. 100, experimento 2).

Por consiguiente deben existir otras causas que expliquen la sobrestimación encontrada. Entre ellas, cabe citar una de origen fisiológico, como es el intercambio entre el isótopo e iones de H no acuosos (Donelly y Freer, 1974; Culebras y col., 1977; Culebras y Moore, 1977). Pero en nuestro caso, además, hay que tener en cuenta que los animales experimentaron una pérdida de peso entre las 4 ó 5 y 7 horas post-infusión y el sacrificio, pérdida que en su mayor parte puede deberse a una disminución del contenido digestivo y por tanto del contenido en agua total del cuerpo, como señalan Purroy (1978), Robelin (1982b) y Tissier y col (1983), entre otros autores. Por consiguiente, parte de la sobreestimación puede deberse a que el ED representa más bien el volumen del agua del cuerpo de los animales en el momento del equilibrio que la determinada en el sacrificio (Tissier y col, 1983; Castrillo y col, 1984). De hecho, en el experimento 1, en los animales sacrificados a las 31 h que recibieron un plano de alimentación alto y presentaron una diferencia de peso de 1,6 Kg se obtuvo una mayor sobreestimación que en los del plano bajo que presentaron menor diferencia de peso (0,6 Kg, tabla 43) a pesar de que el ritmo fraccional de renovación y por tanto las pérdidas de marcador con el tiempo, fueron similares en ambos planos (tabla 31).

El plano de alimentación tuvo un escaso efecto sobre el grado de sobreestimación del agua del cuerpo a partir del ED. Las diferencias que se pusieron de manifiesto (no significativas) en el primer experimento con las ovejas sacrificadas a las 31 horas después de la infusión, se debieron, como se ha comentado, a las mayores pérdidas de peso y por consiguiente de agua corporal entre las 4-7 horas post-infusión y el sacrificio de los animales del plano alto en relación a los del bajo. De hecho, las diferencias en el grado de sobreestimación entre planos fue mínima en los animales sacrificados a las 7 horas post-infusión (tabla 44). En el segundo experimento, el mayor ritmo fraccional de renovación de los animales del plano alto ( $0,0092$  frente a  $0,0060 \times h^{-1}$  cuando se consideran 3 animales por plano, tabla 42,  $p \leq 0,05$  y de  $0,0095$  frente a  $0,0083 \times h^{-1}$ , cuando se consideraron 3 animales en el plano de alimentación alto y 9 en el bajo), tampoco se reflejó en diferencias significativas en el grado de sobreestimación del agua a partir de ED.

Cuando el espacio de difusión se calculó a partir de las concentraciones registradas a las 3, 5 y 7 h, se observó una relativa mayor sobreestimación de las ovejas lactantes (no significativa, tabla 47), lo que es lógico dado el mayor ritmo fraccional de renovación observado en estas fases respecto a gestantes y vacías ( $0,0080 - 0,0090 \times h^{-1}$  para LI y LF y  $0,0040 - 0,0045 \times h^{-1}$  para G y V, tabla 38,  $p \leq 0,001$  cuando se utilizaron los 27 animales sobre los que se realizó el estudio del tiempo de equilibrio, y de  $0,0083 - 0,0090 \times h^{-1}$  para LI y LF y de  $0,0045 - 0,0060 \times h^{-1}$  para G y V, cuando se calculó el ritmo de renovación utilizando los 47 animales destinados al sacrificio,  $p \leq 0,001$ ). Las diferencias en la sobreestimación prácticamente desaparecieron cuando los ED se calcularon por extrapolación, esto es cuando se tuvo en cuenta el ritmo de pérdidas del marcador.

El método más comunmente utilizado para la estimación del espacio de difusión del agua marcada (deuterio o tritio) en el cuerpo de los animales, consiste en la infusión de una dosis única y la determinación de la concentración del marcador en sangre en un momento concreto, una vez que se considera ha alcanzado el equilibrio con el agua del cuerpo (Panaretto, 1963, 1968; Carnegie y Tulloh, 1968; Searle, 1970; Foot y Greenhalgh, 1970; Foot y col, 1979; Doize y col, 1979). Sin embargo, la relación entre el espacio de difusión así estimado y el volumen real del agua del cuerpo puede verse afectada por todos aquellos factores que modifiquen el ritmo fraccional de renovación del marcador y por consiguiente las pérdidas de ésta desde el momento de la infusión y el de la determinación de su concentración en sangre. Entre estos factores, en el ganado ovino se ha comprobado la incidencia del plano de alimentación (Foot y col., 1979) y de la fase fisiológica (Cowan y col., 1979; 1980b).

Una alternativa que permite minimizar estos factores de variación es el cálculo del ED a partir de la concentración teórica del marcador en el momento de la infusión, estimada por extrapolación a tiempo cero de la recta de eliminación del marcador después del equilibrio (coordenadas semilogarítmicas) (Robelin, 1973, 1977). Al aplicar este método se asume que el ritmo fraccional de renovación del marcador desde la infusión hasta el equilibrio es similar al calculado a partir del momento en que este se ha alcanzado, lo cual no necesariamente tiene que ser cierto. No obstante, el mayor inconveniente es que para establecer ecuaciones de predicción entre el volumen real de agua y el ED, aquel ha de ser determinado en los animales sacrificados después de un cierto periodo de tiempo a partir del momento en que el marcador alcance el equilibrio (mínimo 24 h), para contar con un número suficiente de datos (concentraciones) que permita su ajuste a la función de eliminación. Esta diferencia de tiempo puede dar lugar a variaciones en el volumen de agua del cuerpo de los animales y por tanto afectar a la precisión de la relación.

Esto se pone de manifiesto en el experimento 1, en que parte de los animales fueron sacrificados a las 7 horas de la infusión, momento próximo al tiempo que tarda en alcanzar el marcador el equilibrio con el agua corporal, y otros a las 31 horas. La precisión de las relaciones establecidas entre el agua determinada al sacrificio y el ED fue mayor en los primeros. Sin embargo, al tener en cuenta la diferencia de peso de los animales entre las 4-7 horas post-infusión y el sacrificio (diferencia de

peso que en su mayor parte pueden deberse a pérdidas de agua), incluyendo este parámetro como segunda variable independiente, la precisión de la estimación del agua al sacrificio fue tan buena en los animales sacrificados a las 31 horas como en aquellos que lo fueron a las 7 horas.

En nuestras condiciones experimentales, las diferencias de peso (generalmente en el sentido de una pérdida entre las 4-7 horas post-infusión y el sacrificio 24 horas más tarde), existieron a pesar de que la distribución de alimento se efectuó tanto el día de la infusión como el del sacrificio aproximadamente 5-7 horas antes de que se registraran los pesos, debido probablemente al stress a que fueron sometidos los animales durante su manipulación.

Otros autores que han utilizado el método de cálculo del ED a partir de la concentración teórica del marcador en el momento de la infusión, han observado también una mejora en la relación agua/deuterio, si se tiene en cuenta la diferencia de peso de los animales entre el momento de la infusión o del equilibrio y el sacrificio, bien como segunda variable independiente (Tissier y col., 1983; Castrillo y col., 1984) o bien como factor de corrección del ED (Purroy, 1978; Robelin, 1982b).

Como ya se ha comentado en los resultados correspondientes a este capítulo, aunque en el experimento 1 los tratamientos impuestos no afectaron al ritmo fraccional de renovación, como han comprobado otros autores (Siebert, 1971; Foot y col., 1979), en el caso de hacerlo, habría afectado de forma negativa a las relaciones establecidas entre el agua corporal y el ED calculado a partir de las concentraciones del marcador en un momento determinado después de la infusión, razón por la cual para el establecimiento de ecuaciones de predicción del volumen de agua en el cuerpo con mayor número de ovejas en distintas fases fisiológicas (experimento 2), los animales fueron sacrificados a las 31 horas post-infusión.

Las ecuaciones de predicción del agua del cuerpo a partir del espacio de difusión y de la diferencia de peso, establecidas con un total de 55 ovejas en varias fases de su ciclo reproductivo presentaron coeficientes de variación inferiores al 3 p. 100

cualquiera que sea la concentración tomada para el cálculo del ED, salvo cuando éste se calculó a partir de la concentración a las 3 h post-infusión (c.v. = 3,39 p. 100). En nuestras condiciones de trabajo el mejor ajuste se obtuvo cuando el ED se calculó a partir de la concentración estimada por extrapolación de la curva de eliminación establecida con las concentraciones registradas a las 5, 7, 29 y 31 horas post-infusión del marcador ( $R^2 = 0,96$ ; RSD = 0,677 Kg y c.v. = 2,27 p. 100).

La precisión por nosotros encontrada es similar o incluso ligeramente superior a la obtenida por distintos autores que han utilizado el método de extrapolación (Purroy, 1978; Tissier y col, 1983; Boquier y Theriez, 1983, c.v. próximos al 4 p. 100) y por otros autores que han trabajado con ED calculados a partir de concentraciones puntuales: Panaretto, 1963 (c.v. = 2,23 p. 100); Panaretto 1968 (c.v. = 2,0 p. 100); Searle, 1970 (c.v. = 2,40 p. 100); Foot y Green halghl, 1970 (c.v. = 3,70 p. 100); Little y Morris, 1972 (c.v. = 3,08 p. 100); Doize y col, 1979 (c.v. = 5,56 p. 100). Todos estos establecen sus ecuaciones de predicción con animales que se encontraban en el mismo estado fisiológico (a diferencia de los anteriores) y con escasas variaciones en sus respectivos planos de alimentación.

Las relaciones establecidas entre el agua, el ED por extrapolación y la diferencia de peso, no se vieron afectadas de forma significativa por el efecto fase a pesar de que el estado fisiológico afectó de forma significativa al ritmo de renovación del marcador, resultados que concuerdan con los obtenidos por Tissier y col. (1983) y Bocquier y Theriez (1984). Sin embargo, cuando se consideraron los ED calculados a partir de las concentraciones puntuales, aunque la precisión fue también elevada (utilizando ED57 el  $R^2$  fue de 0,96, la RSD igual a 0,712 y el c.v. de 2,38 p. 100) se pusieron de manifiesto diferencias entre fases. Del mismo modo, Sykes (1974) observa diferencias en la relación agua/deuterio entre ovejas lactantes y secas; Houseman y col. (1978) entre distintos periodos de la gestación y Cowan y col. (1979, 1980b) entre ovejas en diferentes estadios de la lactación, todos ellos calculando el espacio de difusión (bien del TOH como del  $D_2O$ ) a partir de concentraciones puntuales @ medias del marcador en sangre.

En cualquier caso y en nuestras condiciones de trabajo al

considerar el efecto fase se consiguió únicamente una ligera mejoría en la seguridad de predicción del agua corporal a partir de los ED calculados en un momento determinado después de la infusión del marcador.

A pesar de la existencia de planos de alimentación muy diferentes, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la predicción del agua corporal entre planos. No se han encontrado referencias bibliográficas en las que se estudie el efecto del plano de alimentación sobre dicha relación.

#### 4.- PREDICCIÓN DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS Y CONTENIDO EN ENERGÍA DEL CUERPO A PARTIR DEL PESO VIVO Y EL ESPACIO DE DIFUSIÓN DEL D<sub>2</sub>O

##### 4.1.- Resultados.

Con objeto de establecer ecuaciones de predicción de los componentes corporales, el contenido en lípidos, proteína y energía del cuerpo (Kg o Mcal) se relacionó mediante análisis de regresión múltiple con el peso vivo de los animales y el espacio de difusión del óxido de deuterio.

Para este estudio se consideraron las 53 ovejas F1 sacrificadas a las 31 horas post-infusión (6 pertenecientes al experimento 1 y 47 al experimento 2), a las que se registró su peso vivo en el momento de la infusión del marcador (PI), a las 4 ó 5 y 7 horas post-infusión (PE) (media de los pesos registrados a las 4 y 7 horas en el experimento 1 o a las 5 y 7 horas en el experimento 2) e inmediatamente antes del sacrificio (PS). Únicamente se consideraron las ovejas F1, por el posible efecto de la raza sobre las relaciones entre los distintos componentes corporales (Reid y col., 1968; Chigaru y Holness, 1983).

El espacio de difusión utilizado en dichas relaciones fue aquel que permitió estimar de forma más precisa el agua corporal (apartado 3.2.), es decir, el calculado a partir de la concentración en sangre del marcador en un tiempo próximo al del equilibrio (5-7 h, ED57) o bien la correspondiente al momento de la infusión, estimada a su vez por extrapolación de la curva de eliminación definida con las concentraciones en sangre a las 5, 7, 29 y 31 h post-infusión (EDo3).

En la tabla 51 se presentan las ecuaciones de predicción del contenido en lípidos del cuerpo a partir de los pesos vivos registrados a las diferentes horas (PI, PE, PS) o de los pesos vivos de los animales esquilados (PSe, PPe, PLe) y el espacio de difusión del óxido de deuterio (ED57 o EDo3).

El peso que permitió obtener los mejores ajustes fue el peso medio registrado a las 4-7 horas post-infusión (PE),

**TABLA 51. Ecuaciones de predicción del contenido en lípidos del cuerpo (Kg) a partir del peso (PI, PE, PS, Kg) y del espacio de difusión del óxido de deuterio (ED, Kg) (n=53 ovejas F1).**

Variables		coeficientes de la regresión			ordenada	R <sup>2</sup>	RSD	CV (p.100)
Nº	Independientes				origen			
ecuac	X1	X2	b1	b2				
(1)	PI	ED57	0,873 ± 0,0500	-0,904 ± 0,0882	-5,030	0,879	1,133	20,00
(2)	PI	EDo3	0,867 ± 0,0465	-0,948 ± 0,0862	-4,623	0,890	1,252	19,07
(3)	PE	ED57	0,870 ± 0,0332	-0,940 ± 0,0607	-3,178	0,942	0,911	13,88
(4)	PE	EDo3	0,869 ± 0,0280	-0,995 ± 0,0537	-2,697	0,957	0,783	11,93
(5)	PS	ED57	0,822 ± 0,0363	-0,845 ± 0,0665	-3,742	0,924	1,043	15,88
(6)	PS	EDo3	0,802 ± 0,0355	-0,856 ± 0,0685	-3,628	0,922	1,055	16,07
(7)	PIe	ED57	0,906 ± 0,0443	-0,940 ± 0,0772	-4,568	0,908	1,143	17,42
(8)	PIe	EDo3	0,890 ± 0,0420	-0,966 ± 0,0769	-4,297	0,912	1,117	17,01
(9)	PEe	ED57	0,881 ± 0,0297	-0,846 ± 0,0539	-2,718	0,954	0,811	12,35
(10)	PEe	ED03	0,872 ± 0,0261	-0,984 ± 0,0497	-2,378	0,963	0,736	11,12
(11)	PSe	ED57	0,821 ± 0,0333	-0,831 ± 0,0609	-3,293	0,934	0,966	14,72
(12)	PSe	EDo3	0,800 ± 0,0330	-0,839 ± 0,0634	-3,223	0,931	0,989	15,08

(\*) Las variables se definen en el texto.



aumentando ligeramente la precisión cuando se consideró el peso de los animales esquilados. Por otra parte, el ED calculado a partir de la concentración del marcador en el momento de la infusión (EDo3) resultó mejor predictor que el ED57 cuando ambos se asociaron al PE o al PEe.

El peso medio registrado a las 4-7 horas post-infusión y el EDo3 explicaron cerca del 96 p. 100 de la variación del contenido en lípidos del cuerpo, presentando la ecuación una RSD de 780 g y un c.v. del 12 p. 100. Cuando se eliminó el peso de la lana, la RSD disminuyó a 730 g, lo que supuso un c.v. del 11 p. 100.

Ajustes muy similares se obtuvieron cuando se consideró el cuerpo vacío; esto es, el peso vivo esquilado menos el contenido del aparato digestivo obtenido al sacrificio y el ED corregido para el contenido en agua del aparato digestivo.

En la tabla 52 se presentan únicamente las ecuaciones de predicción del contenido en lípidos del cuerpo a partir del PE vacío (PEV) y ED corregido (ED57c, EDo3c) ya que los ajustes obtenidos con los otros pesos fueron peores, como ocurrió al considerar el contenido digestivo. El R<sup>2</sup>, RSD y c.v. de la ecuación que relaciona el contenido en lípidos del cuerpo con el PEV y el EDo3c fue de 0,962, 0,733 kg y 11,2 p. 100 respectivamente, prácticamente idénticos a los obtenidos con PEe y EDo3 (0,963, 0,730 Kg y 11,1 p. 100, respectivamente).

Cuando se utilizaron como predictores el PE o PEe y el ED calculado a partir de la concentración media del marcador en sangre (ED57), así como en las que se consideró el cuerpo vacío (PEe, EDc) se manifestaron diferencias estadísticamente significativas en las ecuaciones de predicción del contenido en lípidos. Como en apartados anteriores se estudió el efecto de la fase fisiológica mediante análisis de covarianza en los que se consideró las variables independientes como covariadas (tablas 53).

A pesar del efecto significativo de la fase fisiológica, el incremento en la seguridad de predicción del contenido en lípidos al considerar dicho efecto fue escaso, como se comprueba al compara los c.v. de las tablas 51 y 52 con los de la 53.

**TABLA 52. Ecuaciones de predicción del contenido en lípidos del cuerpo (Kg) a partir del peso vivo esquilado menos el contenido del aparato digestivo (PEV) y del espacio de difusión corregido para el contenido en agua del aparato digestivo (EDc) (n = 53 ovejas F1).**

Nº ECUACION	VARIABLES INDEPENDIENTES		ORDENADA EN EL ORIGEN	COEFICIENTE DE REGRESION		R2	RSD	c.v. (p. 100)
	X1	X2		b1	b2			
1	PEV	ED57c	-2,212	0,868+0,0323	-0,925+0,0658	0,949	0,848	12,91
2	PEV	ED03c	-3,003	0,853+0,0267	-0,921+0,0550	0,962	0,733	11,17

**Tabla 53a Ecuaciones de predicción del contenido en lípidos del cuerpo (Kg) a partir del peso vivo y del espacio de difusión del D2O (ED) teniendo en cuenta el efecto fase (n=53 ovejas F1).**

VARIABLES				COEFICIENTES					
INDEPENDIENTES			ORDENADA	REGRESION					
X1	X2	FASE	ORIGEN	b1	b2	R <sup>2</sup>	RSD	C.V. (P.100)	
(1)	PE	ED57	G	- 2,044 <sup>ab</sup>	0,889 ± 0,0349	- 1,005 ± 0,0632	0,940	0,858	13,07
			LI	- 1,445 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"
			LF	- 1,816 <sup>b</sup>	"	"	"	"	"
			V	- 2,630 <sup>a</sup>	"	"	"	"	"
(2a)	PEe	ED57	G	-2,799	0,868 ± 0,0514	- 0,922 ± 0,0257	0,972	0,675	9,98
			LI	"	"	"	"	"	"
			LF	"	"	"	"	"	"
(2b)			V	1,728	1,182 ± 0,1373	- 1,538 ± 0,2051	0,915	0,850	14,85

**Tabla 53b Ecuación de predicción del contenido en lípidos del cuerpo a partir del peso vivo vacío (PEV) y el ED corregido para el contenido en agua del aparato digestivo (EDc), teniendo en cuenta el efecto fase fisiológica (n=53 ovejas F1).**

VARIABLES				COEFICIENTES					
INDEPENDIENTES			ORDENADA	REGRESION					
X1	X2	FASE	ORIGEN	b1	b2	R <sup>2</sup>	RSD	C.V.(P.100)	
(1a)	PEV	ED57c	G	- 1,960	0,857 ± 0,0283	- 0,914 ± 0,0604	0,968	0,714	10,57
			LI	"	"	"	"	"	"
			LF	"	"	"	"	"	"
(1b)			V	4,847	1,223 ± 0,1326	- 1,785 ± 0,2501	0,926	0,794	13,88
(2a)	PEV	EDo3c	G	- 3,652	0,834 ± 0,0226	- 0,865 ± 0,4074	0,977	0,607	8,97
			LI	"	"	"	"	"	"
			LF	"	"	"	"	"	"
(2b)			V	4,206	1,184 ± 1,184	- 1,752 ± 0,2393	0,939	0,777	13,57

En las tablas 54 y 55 se presentan las ecuaciones de predicción del contenido en energía del cuerpo de las 53 ovejas F1 a partir de las mismas variables consideradas al estudiar los lípidos, tanto en base al cuerpo entero como vacío, respectivamente. Al igual que en el caso de los lípidos, el peso con el que se obtuvieron mejores ajustes fue el registrado a las 4-7 horas post-infusión (PE), mejorando ligeramente la precisión al considerar el peso de los animales esquilados. Al igual también que con los lípidos, el espacio de difusión calculado a partir de la concentración del marcador en el momento de la infusión ED0 resultó mejor predictor que el ED57, cuando ambos se utilizaron junto al PE o al PE esquilado.

El contenido en energía del cuerpo puede ser predicho a partir de PE y el EDo3 con una RSD de 7,03 Mcal (c.v. = 7,8 p. 100) y si no se considera el peso de la lana, con una RSD de 6,54 Mcal (c.v. = 7,21 p. 100).

Cuando se consideró el cuerpo vacío, únicamente se observó una ligera mejoría en la predicción (tabla 55). El  $R^2$ , RSD y c.v. obtenido con el empleo del PEV y EDo3c fue de 0,97, 5,98 Mcal y 6,6 p. 100, respectivamente.

No se pusieron de manifiesto diferencias estadísticamente significativas entre fases, en las ecuaciones establecidas en las que se consideró el peso y composición de los animales incluyendo el contenido digestivo. Sin embargo se observaron diferencias significativas en la predicción del contenido en energía del cuerpo cuando se consideró el peso y composición del cuerpo vacío (tabla 55). En la tabla 56, se presentan las ecuaciones obtenidas al considerar el efecto fase cuando se utilizaron como variables independientes el PEV y el ED corregido para el agua del contenido del aparato digestivo en el momento del sacrificio.

Para un mismo PEV y EDc, las ovejas vacías presentaron un menor contenido en energía que las gestantes y lactantes. Como ocurrió en la predicción del contenido en lípidos, la consideración

**TABLA 54. Ecuaciones de predicción del contenido en energía del cuerpo (Mcal) a partir del peso de las ovejas (PI, PE, PS, Kg) y del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (ED, Kg). (n=53 ovejas F1).**

Nº ecuao	Variables Independientes		coeficientes de la regresión		ordenada	R <sup>2</sup>	RSD	CV (p.100)
	X1	X2	b1	b2	origen			
(1)	PI	ED57	8,318 ± 0,4677	-7,861 ± 0,8258	-44,499	0,890	12,290	13,54
(2)	PI	EDo3	8,249 ± 0,4430	-8,193 ± 0,8216	-41,419	0,896	11,922	13,14
(3)	PE	ED57	8,313 ± 0,2892	-8,243 ± 0,5292	-26,776	0,954	7,947	8,76
(4)	PE	EDo3	8,287 ± 0,251	-8,679 ± 0,4824	-23,026	0,964	7,032	7,75
(5)	PS	ED57	7,820 ± 0,3412	-7,280 ± 0,6258	-32,253	0,930	9,806	10,81
(6)	PS	EDo3	7,629 ± 0,3401	-7,321 ± 0,6554	-31,954	0,926	10,097	11,13
(7)	PIe	ED57	8,626 ± 0,7233	-8,192 ± 0,7230	-40,112	0,916	10,705	11,80
(8)	PIe	EDo3	8,463 ± 0,4010	-8,362 ± 0,7349	-38,314	0,917	10,669	11,76
(9)	PEe	ED57	8,419 ± 0,2556	-8,286 ± 0,4639	-22,402	0,964	6,983	7,70
(10)	PEe	EDo3	2,318 ± 0,2336	-8,573 ± 0,4453	-19,993	0,969	6,541	7,21
(11)	PSe	ED57	7,808 ± 0,3130	-7,142 ± 0,5720	-27,980	0,940	9,073	10,0
(12)	PSe	EDo3	7,607 ± 0,3162	-7,156 ± 0,6069	-28,124	0,935	9,469	10,44

(\*) Las variables se definen en el texto.

**TABLA 55. Ecuaciones de predicción del contenido en energía del cuerpo (Mcal) a partir del peso vivo esquilado el contenido del aparato digestivo (PEV) y del espacio de difusión corregido para el contenido en agua del aparato digestivo (EDc) (n = 53 ovejas F1).**

Nº ECUACION	VARIABLES INDEPENDIENTES		ORDENADA EN EL ORIGEN	COEFICIENTE DE REGRESION		R2	RSD	c.v. (p. 100)
	X1	X2		b1	b2			
1	PEV	ED57c	-15,042	8,213+0,2775	-7,846+0,5648	0,961	7,2734	8,02
2	PEV	ED03c	-21,063	8,114+0,2172	-7,885+0,4479	0,974	5,976	6,59

**TABLA 56. Predicción del contenido en energía del cuerpo (Mcal) a partir del peso vivo vacío (PEV) y el ED corregido para el agua del contenido digestivo (EDc), teniendo en cuenta el efecto fase fisiológica. (n = 53 ovejas F1).**

Nº ECUACION	VARIABLES INDEPENDIENTES		FASE	ORDENADA EN EL ORIGEN	COEFICIENTE DE REGRESION		R2	RSD	c.v. (p. 100)
	X1	X2			b1	b2			
(1a)	PEV	ED57c	G	-12,414	8,191+0,2585	-7,874+0,5510	0,973	6,52	7,01
			LI	"	"	"	"	"	"
			LF	"	"	"	"	"	"
(1b)			V	45,443	10,024+1,1080	-13,380+2,090	0,926	6,638	8,18
(2a)	PEV	ED03	G	-26,35	8,0171+0,1973	-7,516+0,4128	0,962	5,267	5,69
			LI	"	"	"	"	"	"
			LF	"	"	"	"	"	"
(2b)			V	40,903	9,741+1,0296	-13,172+1,9751	0,931	6,409	7,9



del efecto fase prácticamente no provocó variaciones en la predicción del contenido en energía del cuerpo. Los coeficientes de variación obtenidos con el PEV y EDo3c, cuando se tuvo en cuenta dicho efecto, fueron de 5,7 y 7,9 p. 100 para las gestantes y lactantes y, vacías respectivamente, frente a un coeficiente de variación de 6,6 p. 100 obtenido en la ecuación conjunta ignorando las fases.

Relaciones análogas a las establecidas para los lípidos y energía del cuerpo fueron establecidas para el contenido en proteína. La introducción del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O como segunda variable independiente asociada al PI, PE, PS no mejoró, de forma significativa la seguridad de predicción del contenido en proteína, en relación a cuando aquellos se consideraron como única variable independiente.

Sin embargo, cuando se consideró el cuerpo de los animales sin el contenido del aparato digestivo, la adición del ED57 o del EDo3 (ambos corregidos), como segunda variable independiente además del PIV, PEV, o PSV, mejoró de forma significativa el ajuste de las ecuaciones. En la tabla 57, se presentan las ecuaciones de predicción del contenido en proteína del cuerpo a partir del PEV peso éste con el que se obtuvieron los mejores ajustes y EDc. La seguridad de predicción de la proteína corporal a partir del espacio de difusión corregido y calculado por extrapolación (EDo3c) resultó similar a la obtenida a partir del ED57c (c.v. = 4,65 y 4,72 p. 100, respectivamente).

En ambos casos se pusieron de manifiesto diferencias estadísticamente significativas entre fases. En la tabla 58 se presentan las ecuaciones resultantes cuando se consideró dicho efecto. Para un mismo PEV y EDc, las ovejas vacías presentan un mayor contenido en proteína que las gestantes y lactantes. En cualquier caso, al considerar el efecto fase, se logró únicamente una ligera mejoría en la predicción del contenido en proteína del cuerpo (c.v. de 4,7, 3,1 y 4,0 p. 100 frente a c.v. de 4,7 p. 100 cuando no se tuvo en cuenta dicho efecto).

**TABLA 57. Ecuaciones de predicción del contenido en proteína (Kg) a partir del peso vacío (PEV) y el espacio de difusión corregido para el agua del contenido del aparato digestivo (EDC) (n = 53 ovejas F1).**

Nº ECUACION	VARIABLES INDEPENDIENTES		ORDENADA EN EL ORIGEN	COEFICIENTE DE REGRESION		R2	RSD	c.v. (p. 100)
	X1	X2		b1	b2			
1	PEV	ED57c	1,946	0,066+0,0101	0,048+0,0206	0,827	0,265	4,72
2	PEV	ED03c	1,948	0,065+0,0095	0,052+0,0196	0,832	0,261	4,65

**TABLA 58 Ecuaciones de predicción del contenido en proteína (Kg) a partir del peso vacío esquilado (PEV) y el espacio de difusión del óxido de deuterio corregido para el agua del contenido digestivo (EDc), teniendo en cuenta el efecto fase (n=53 ovejas F1).**

VARIABLES INDEPENDIENTES			ORDENADA ORIGEN	COEFICIENTES REGRESION		R <sup>2</sup>	RSD	C.V.
X1	X2	FASE		b1	b2			
(1a) PMV	ED57c	G	3,294	0,065 ± 0,0101	- 0,003 ± 0,0206	0,640	0,280	4,70
(1b)		L(*)	1,305	0,079 ± 0,0100	0,056 ± 0,0195	0,943	0,171	3,12
(1c)		Y	0,286	- 0,036 ± 0,0356	0,280 ± 0,0671	0,853	0,213	3,88
(2) PEV	EDo3c	G	3,140	0,064 ± 0,0196	0,004 ± 0,0095	0,640	0,280	4,70
(2b)		L	1,355	0,078 ± 0,0097	0,059 ± 0,0192	0,945	0,168	3,07
(2c)		Y	0,439	- 0,027 ± 0,0361	0,268 ± 0,0692	0,837	0,224	4,09

(\*) L = LI + LF

#### 4.2.- Discusión.

En el apartado 2.2. se vió que el peso vivo de las ovejas no se puede considerar como un buen predictor de su contenido en lípidos y energía del cuerpo, como muestran las elevadas RSD (2,11 Kg y 18,48 Mcal) y los coeficientes de variación (32,7 y 20,6 p. 100, respectivamente) de las ecuaciones de predicción (tablas 19 y 21). La precisión de la estimación aumentó considerablemente al introducir el contenido en agua del cuerpo como segunda variable independiente (RSD de 0,667 Kg y 6,03 Mcal y c.v. de 10,3 y 6,7 p. 100). Cuando en las ecuaciones de predicción se utilizó el espacio de difusión estimado a partir del óxido de deuterio en lugar del agua determinada al sacrificio, las ecuaciones más precisas<sup>1</sup> permitieron estimar el contenido en lípidos y energía del cuerpo con una RSD de 0,783 Kg y 7,03 Mcal y coeficientes de variación de 11,9 y 7,8 p. 100, respectivamente (tablas 51 y 54). Esto es, al sustituir en las ecuaciones el contenido en agua real al sacrificio por el espacio de difusión, empeora ligeramente la precisión de las estimaciones del contenido en lípidos y energía, pero supuso un descenso de las RSD y coeficientes de variación de más del 60 p. 100 en relación a cuando se consideró el peso vivo como única variable predictora.

Nuestros resultados son similares a los obtenidos por aquellos autores que calculan el espacio de difusión por extrapolación al momento de la infusión. Así, Robelin (1982) con ganado vacuno en crecimiento y Bocquier y Theriez (1984) con ovejas lactantes y secas, obtienen, ambos, un c.v. de 13, 8 p. 100 en la ecuación de predicción del contenido en lípidos del cuerpo. Tissier y col. (1983) obtienen unos c.v. en la estimación del contenido en lípidos y energía del cuerpo de ovejas en distintos estados fisiológicos, de 9,4 p. 100 y 6,9 p. 100, respectivamente; Castrillo y col. (1984) en corderos, obtienen un c.v. de 12,7 y 8,3

<sup>1</sup> Ecuaciones en las que se utilizaron como variables independientes el peso vivo de los animales a las 4 ó 5 y 7 h post-infusión -peso medio- (PE), y el ED calculado a partir de la concentración estimada por extrapolación de la curva de eliminación al tiempo de la infusión (EDo3).

p. 100 en la ecuación de predicción del contenido en lípidos y energía, respectivamente.

Sin embargo, contrastan claramente con los encontrados por otros autores que utilizan el espacio de difusión calculado a partir de concentraciones puntuales o medias, salvo excepciones, como el trabajo de Foot y Greenhalgh (1970) con ovejas gestantes (c.v. = 6 p. 100) y Doize y col. (1979) con ovejas vacías y secas (c.v. = 11,1 y 7,4 p. 100 en las ecuaciones de predicción del contenido en lípidos y energía, respectivamente). Sykes (1974) obtiene unos coeficientes de variación de 13,8 y 41,0 p. 100 cuando utiliza el espacio de difusión del agua tritiada para predecir el contenido en lípidos de ovejas secas y lactantes, respectivamente. Farrell y Reardon (1972) obtienen c.v. de 24,0 y 9,9 p. 100 en la ecuación de estimación del contenido en lípidos y energía y Trigg y col. (1978) obtienen un c.v. de 19,6 p. 100 en la predicción de lípidos, ambos en ganado ovino vacío y seco (ver cuadros 12 y 13 Revisión Bibliográfica).

Como se puede apreciar en las tablas 51 y 54, el grado de precisión de la estimación del contenido en lípidos y energía del cuerpo de las ovejas, varía según el peso y espacio de difusión considerados.

El peso a asociar al ED, depende de las condiciones de manejo de los animales y del momento en que se lleven a cabo los muestreos de sangre para la determinación de la concentración del marcador. En nuestras condiciones de trabajo, el peso medio a las 4-7 horas post-infusión, resultó mejor predictor que el peso en el momento del sacrificio y que el peso en el momento de la infusión, lo que sugiere, como ya se ha indicado en el apartado anterior, que el espacio de difusión representa más bien el volumen de agua del cuerpo de los animales 4-7 horas después de la inyección, que el correspondiente al momento de la infusión o al sacrificio. De hecho, se obtuvo una precisión similar cuando se utilizó como predictores el PE y el ED, que cuando se utilizó el PS, el ED y la diferencia de peso entre PE y PS como tercera variable independiente (tabla 59). También Castrillo y col. (1984) obtuvieron en corderos una mejor predicción de la grasa corporal cuando utilizaron el peso registrado a las 6 horas post-infusión que el correspondiente al momento de la inyección o del sacrificio.

**TABLA 59 Predicción del contenido en lípidos (Kg) (ecuaciones 1, 2, 3 y 4) y del contenido en energía (Mcal) (ecuaciones 5, 6, 7 y 8) a partir del peso al sacrificio (PS, PSe), del espacio de difusión del D<sub>2</sub>O (ED) y de la diferencia de pesos entre 4-7 horas post-infusión y el peso al sacrificio (DP) (n=53 ovejas F1).**

Nº ecuac.	variables independientes			Coeficientes de la regresión			Ordenada			
	X1	X2	X3	b1 PS	b2 ED20	b3 DP	Origen	R2	RSD	CV (p.100)
(1)	PS	ED57	DP	0,865±0,0331	-0,928±0,0611	0,667±0,1602	-3,294	0,9435	0,9051	13,79
(2)	PS	EDo3	DP	0,870±0,0287	-0,999±0,0560	0,916±0,1445	-2,650	0,9570	0,7901	12,04
(3)	PSe	ED57	DP	0,860±0,0300	-0,906±0,0551	0,634±0,1464	-2,849	0,9525	0,8297	12,64
(4)	PSe	EDo3	DP	0,862±0,0262	-0,970±0,0509	0,870±0,1330	-2,268	0,9632	0,7302	11,13
(5)	PS	ED57	DP	8,289±0,2922	-8,178±0,5384	7,271±1,4129	-27,376	0,9544	7,9810	8,8
(6)	PS	EDo3	DP	8,331±0,2558	-8,795±0,4994	9,448±1,2885	-21,862	0,9645	7,0430	7,76
(7)	PSe	ED57	DP	8,240±0,2619	-7,970±0,4808	6,952±1,2770	-23,117	0,9625	7,2348	7,97
(8)	PSe	EDo3	DP	8,252±0,2311	-8,513±0,4495	9,009±1,1744	-18,214	0,9702	6,4478	7,11

Al igual que en el presente trabajo, estos autores mantuvieron a los animales en un régimen de alimentación normal durante todo el periodo experimental. Sin embargo, Foot y col. (1979), retirando el alimento y el agua desde la infusión al sacrificio 7 h más tarde, encuentran una mejor predicción del contenido en lípidos asociando al ED el peso en el momento de la infusión que el peso al sacrificio. Tissier y col. (1983) cuyo manejo de la alimentación es similar al utilizado en nuestras condiciones y que en ausencia de otros datos utilizan también el peso a la inyección en sus ecuaciones de predicción, sugieren, no obstante, la posibilidad de mejorar esta utilizando un peso posterior al de la inyección y próximo al del equilibrio.

En cualquier caso, la exactitud con que se registre el peso vivo del animal resulta de suma importancia para la seguridad de estimación del contenido en lípidos del cuerpo a partir del ED, dado que los coeficientes de regresión ligados a esta variable son próximos a 1. Una variación de 1 Kg en el peso vivo equivale a una variación de la misma cuantía en la estimación de los lípidos corporales, lo que supone un elevado porcentaje del contenido total en lípidos (entre un 5 y un 50 p. 100 dentro del rango de engrasamiento que presentaron las ovejas del presente trabajo -20 y 2 Kg de grasa).

En cuanto al método de cálculo del espacio de difusión, los resultados indican que el EDo3 permite predecir la grasa y energía corporales con mayor seguridad que el ED57, siendo independiente la predicción del estado fisiológico, cuando se asocia con el peso medio registrado a las 4-7 horas post-infusión.

El efecto de la fase fisiológica observado en la relación entre la grasa o energía del cuerpo y el peso al sacrificio y el agua corporal medida por desecación (ecuación 1 y 2, tablas 23 y 25) no resulta ser estadísticamente significativo cuando se utiliza PE y se sustituye el agua corporal por el EDo3. Tampoco Tissier y col. (1984) encuentran diferencias estadísticamente significativas entre fases (gestantes, lactantes y, vacías y secas) en las ecuaciones de predicción de los lípidos a partir del peso en el momento de la infusión y del ED calculado por extrapolación, a pesar de que si se manifestaron al utilizar como predictores el PV

y el agua real. Esto sugiere que tanto en nuestro caso como en el de los autores referidos, la sustitución del agua real por el ED introduce una fuente de variación adicional de suficiente magnitud como para enmascarar efectos de escasa repercusión en la varianza total, como ocurre con la fase fisiológica, cuya consideración solo hizo variar la RSD de 0,67 a 0,73 y 0,50 Kg en las ovejas gestantes y lactantes y vacías, respectivamente.

Bocquier y Theriez (1984) y Bocquier (1987) incluyendo datos de los autores anteriores, siguen encontrando diferencias estadísticamente significativas entre fases ( $p \leq 0,01$ ) (ovejas lactantes y secas) al sustituir el agua real por el ED, aunque el c.v. obtenido por estos autores (13,8 y 13,2 p. 100, respectivamente) fue superior al valor por nosotros encontrado (tabla 51).

Cuando en las ecuaciones de predicción de los lípidos se sustituyó el agua real por el ED estimado a partir de las concentraciones puntuales del marcador a las 5-7 horas post-infusión (ED57) se pusieron de manifiesto diferencias significativas entre fases, probablemente debido a que al efecto de la fase fisiológica sobre las relaciones entre lípidos = f (PV, Agua) -ecuaciones 1 y 2 tabla 23- en el sentido de que las ovejas LI mostraron un mayor contenido en lípidos que G y estas que LF y V, se adiciona el efecto de la fase en las relaciones entre el contenido en agua real y el ED57 (tabla 50, apartado 3.2.). En efecto, las ovejas lactantes mostraron una mayor sobreestimación del agua al sacrificio que las ovejas G y V cuando se estimó a partir de las concentraciones puntuales del marcador (tabla 47, apartado 3.1.), lo cual supone que para un mismo ED, las lactantes presentan un menor contenido en agua que las G y V (tabla 50, apartado 3.2.), por consiguiente, dado que en las ecuaciones de predicción del contenido en lípidos a partir del PV y el agua, esta última variable muestra un coeficiente de regresión negativo próximo a la unidad, para un mismo ED las lactantes presentan un mayor contenido en lípidos.

Sykes (1974) observa diferencias entre ovejas lactantes y secas en la relación entre la grasa, el PV y el espacio del TOH calculado a partir de una concentración puntual registrada en sangre una vez el equilibrio se ha alcanzado; Cowan y col. (1979,



1980b) también encuentran diferencias estadísticamente significativas entre distintos estadios de la lactación en las pendientes y medias ajustadas de las ecuaciones de predicción del contenido en grasa del cuerpo a partir del peso al sacrificio y el ED calculado desde una concentración media a partir de las concentraciones registradas en sangre a las 4 y 6 horas después de la infusión. Estas diferencias en todos los casos, vienen explicadas por las encontradas en la relación entre el agua corporal y el ED puntual, debido a que estos autores utilizan el mismo espacio de difusión cualquiera que sea la fase considerada, a pesar de que encuentran diferencias en el tiempo necesario para que el marcador alcance el equilibrio con el agua corporal dependiendo de la fase fisiológica.

Se comprobó si utilizando para el cálculo del ED concentraciones obtenidas en diferentes tomas para las ovejas lactantes por una parte, y para las gestantes y vacías, por otra, mejoraba la precisión de la estimación del contenido en lípidos a partir del PE y el ED. La mejora introducida en relación a cuando se consideró el ED57 fue muy escasa, y los ajustes continuaron siendo peores a cuando se consideró ED03. Así, cuando se utilizó ED3 para las fases LI y LF y ED5 para G y V junto a PE, la RSD obtenida fue de 0,877 Kg y el c.v. de 13,51 p. 100 y cuando se utilizó ED5 para las lactantes y ED7 para G y V, asociados al PE, la RSD fue de 0,95 Kg y el c.v. igual a 13,79 p. 100.

En nuestras condiciones de trabajo, el contenido del aparato digestivo no se mostró como un factor de variación importante en la precisión de la estimación de los lípidos y energía a partir del peso de las ovejas y su contenido en agua, como muestra la escasa mejora en la precisión de las estimaciones cuando, en lugar de considerar el PV y ED total, se consideró el PEV y el ED corregido para el contenido en agua del aparato digestivo determinado al sacrificio (tablas 52 y 55), tal y como previamente se había observado en el apartado 2.2., a pesar de que los valores individuales del peso del contenido digestivo variaron entre 4,6 Kg y 13,6 Kg, y el porcentaje de su contenido en agua entre el 82,3 p. 100 y el 91,3 p. 100. Incluso en este caso, las mejoras introducidas al considerar el cuerpo vacío, fueron inferiores a las obtenidas cuando se utilizó el agua real ya que en las ecuaciones de las tablas 52 y 55 se introdujo una fuente de variación al considerar PEV y EDc, ya que las correcciones se

hicieron en función del peso del contenido del aparato digestivo al sacrificio y no en el momento de registrar el PE o el EDo3.

Aun a pesar de ser escasa la mejora en la utilización de PEV y EDo en la estimación del contenido en lípido y energía, en este momento se pusieron de manifiesto diferencias estadísticamente significativas entre fases, cualquiera que sean las variables independientes de las ecuaciones de predicción consideradas.

Pese a la influencia que puedan tener factores tales como la falta de precisión de las medidas, las variaciones en el porcentaje de agua del cuerpo magro y el contenido del aparato digestivo, nuestros resultados muestran que la precisión con que es posible predecir el contenido en lípidos y energía del cuerpo de los animales depende, esencialmente, del error obtenido al estimar su contenido en agua a partir del ED y de la precisión y elección del peso a asociar con dicho espacio de difusión.

Como ya se ha señalado, el espacio de difusión del D<sub>2</sub>O se ha mostrado como un buen predictor del contenido total en agua del cuerpo, habiéndose obtenido una estrecha relación entre ambas variables ( $R^2 = 0,96$ , c.v. = 2,3 p. 100, ecuación de tabla 49). Sin embargo, no se puede reducir de manera sensible el error cometido en la estimación cuando se sustituye el contenido en agua del cuerpo por el ED si no se mejora previamente el ajuste de la relación entre estas dos últimas variables.

Para mejorar la precisión de la estimación del agua corporal a partir del ED, sería necesario disminuir los errores cometidos en el análisis de las muestras de sangre así como minimizar los factores de variación implícitos en el procedimiento a seguir para la estimación del espacio de difusión. Lo primero, dadas las mejoras en la técnica analítica aportadas por Tissier y col. (1978) y adoptadas en el presente trabajo, parece difícil, ya que permiten obtener una precisión en la medida de aproximadamente el 1,1 p. 100. No obstante, una mejor medición de las alturas de los registros de salida del espectrofotómetro, podría contribuir a mejorar la precisión. También es probable que ésta pudiera mejorarse recurriendo a la espectrometría de masa (Castrillo y col., 1984).

En lo que se refiere al procedimiento a seguir para la estimación del ED, nuestros resultados muestran que existen variaciones en el ritmo de pérdidas del marcador según el estado fisiológico y en menor medida según el plano de alimentación. Estas variaciones explican la mejor predicción del volumen corporal de agua cuando el espacio de difusión se calculó a partir de la concentración del marcador estimada por extrapolación al tiempo cero, que a partir de la concentración en un tiempo próximo al del equilibrio, dado que el primero de los métodos permite tomar en consideración el diferente ritmo de eliminación del marcador desde el momento de la infusión.

Debido a la importancia del agua del contenido digestivo en el volumen hídrico total del cuerpo, podría pensarse que su conocimiento favorecería la relación entre el contenido en agua y el ED, pero nuestros resultados, acordes con los de Tissier y col. (1983); Castrillo y col. (1984) y Bocquier (1987), indican que es escasa la mejora introducida al corregir el ED sustrayendo el agua del tracto digestivo.

Teniendo en cuenta la RSD de la ecuación de predicción de lípidos y energía, el método descrito permite estimar el contenido en lípidos y energía del cuerpo de los animales con la precisión suficiente para poner en evidencia -con un margen de seguridad del 95 p. 100-, diferencias de aproximadamente 700 g de lípidos y 6,290 Mcal de energía al comparar dos lotes de 10 ovejas cada uno. Estas diferencias corresponden aproximadamente a un 10 p. 100 y un 7 p. 100 del contenido en lípidos y energía respectivamente, de una oveja de 46 Kg de PV y grado de engrasamiento medio (6,5 Kg grasa; 90,74 Mcal).

En cuanto a la predicción del contenido en proteína del cuerpo, la introducción del ED no mejoró de forma estadísticamente significativa la seguridad de predicción de este componente ( $P > 0,05$ ), resultado que parece lógico si se tiene en cuenta que tampoco lo hizo el agua del cuerpo determinado al sacrificio. Teniendo en cuenta la RSD obtenida en la ecuación 1 de la tabla 20, el contenido en proteína del cuerpo se puede estimar a partir del PV con la precisión suficiente como para poner en evidencia, diferencias de aproximadamente 290 g, lo que corresponde a un 5 p. 100 del contenido medio en este componente registrado en las ovejas del presente trabajo.

## 5.- APLICACION DEL METODO.

El método descrito puede ser de gran utilidad para conocer la evolución de las reservas corporales del ganado ovino y estudiar, en experiencias de alimentación controlada, la medida en que la movilización de reservas grasas puede cubrir un déficit exógeno de energía en función del estado fisiológico del animal y del ajuste de otros nutrientes, especialmente proteína sin degradar, o bien efectuar un seguimiento de estas reservas en aquellas condiciones de explotación extensiva en las que, por ser difícil de precisar el tipo de dieta y desconocerse la ingestión, ha de recurrirse para su evaluación a las variaciones que experimentan los rendimientos productivos, cuya respuesta a corto plazo es sabido que puede quedar enmascarada por la movilización de reservas grasas.

El grado de precisión obtenido se puede considerar adecuado para estos fines dada la gran variación que puede experimentar el contenido corporal en lípidos y energía a lo largo de la última fase de la gestación y primera de la lactación. Nuestros resultados muestran, en coincidencia con los de otros autores (Sykes, 1974; Cowan y col., 1981b; Geenty y Sykes, 1986), que el ganado ovino puede llegar a perder más del 50 p. 100 de sus reservas lipídicas a lo largo de su ciclo reproductivo, lo que en términos absolutos supone una variación media del orden de los 5 Kg de lípidos, para una oveja de 45 Kg de peso vivo, aproximadamente.

En la siguiente tabla se comparan las predicciones del contenido corporal en lípidos y energía a partir de las ecuaciones propuestas por distintos autores (ver Cuadros 12 y 13), para una oveja de 46 Kg de peso vivo y espacio de difusión del D2O (excepto en el trabajo de Doize y col. (1979), quienes utilizan TOH) igual a 30 Kg, valores comparables a los obtenidos en el presente trabajo.

<u>Referencia</u>	<u>Lípidos (Kg)</u>	<u>Energía (Mcal)</u>
Foot y Greenhalgh (1970)	5,74	--
Trigg y col. (1978)	5,13	--
Doize y col. (1979)	7,99	106,58
Cowan y col. (1980b) (1)	3,86	--
Tissier y col. (1983)	7,62	101,64
Bocquier y Theriez (1984) (2)	5,45-7,31	82,77-99,88
Datos propios (3)	7,43	97,8

- (1) Ecuación combinada para los dos estadios de lactación.
- (2) Rango de valores estimados a partir de las distintas ecuaciones calculadas para cada fase fisiológica.
- (3) Ecuación 4, tabla 51 y ecuación 4, tabla 54.

Aun teniendo en cuenta las diferencias en la raza de las ovejas, fase fisiológica, nivel de producción, manejo de los animales y método de estimación del espacio de difusión, el contenido en lípidos y energía predichos a partir de las ecuaciones obtenidas en el presente trabajo son bastante próximas a las obtenidas al aplicar las ecuaciones propuestas por otros autores, salvo en el caso de Cowan y col. (1980b). No obstante, como ya se ha comentado, estos autores determinan el espacio de difusión del óxido de deuterio a partir de las concentraciones medias del marcador a las 4 y 6 horas después de la infusión y obtienen ecuaciones significativamente diferentes para las ovejas al inicio y al final de la lactación, entre el agua determinada al sacrificio y el espacio de difusión. Por ello, la ecuación de predicción de los lípidos a partir del peso vivo y del espacio de difusión, común para ambas fases, presentó un elevado coeficiente de variación (36 p. 100).

Es de destacar la proximidad de los valores obtenidos aplicando las ecuaciones del presente trabajo y las propuestas por Tissier y col. (1983) y Bocquier y Theriez (1984), autores que han aplicado el mismo método de estimación del espacio de difusión que

nosotros y con un manejo de los animales similar. Ello sugiere que tanto el método de cálculo del ED como las características del peso a asociar con éste y las condiciones de manejo de los animales en lo que refiere a periodos de ayuno y distribución de las comidas, son todos factores que pueden inducir a importantes variaciones en la estimación de las reservas grasas.

La necesidad de trabajar en condiciones suficientemente estandarizadas para evitar estas variaciones junto con el elevado coste del método son, por lo tanto, factores que pueden limitar la viabilidad del método, especialmente en su aplicación a condiciones extensivas.

## VI.-CONCLUSIONES.

### Primera.

A lo largo del ciclo reproductivo, las ovejas Romanov x Rasa Aragonesa presentan variaciones en la proporción de algunos órganos del cuerpo, además de las relacionadas directamente con la gestación (útero) y la lactación (ubre).

Las ovejas lactantes presentaron un mayor peso y proporción de sangre y vísceras que las gestantes y las vacías, observándose las diferencias más notables a nivel del peso del hígado y de los órganos del tracto digestivo.

La proporción de sangre, hígado y tracto digestivo, en relación al peso vivo vacío, de los animales sacrificados a los 97 días de la gestación, a los 3-5 días post-parto, a los 35 días de lactación y a los dos meses y medio de finalizada ésta, fueron de 6,29, 7,45, 8,31 y 7,28 p. 100 (sangre); 2,24, 2,91, 3,21 y 2,63 p. 100 (hígado) y 6,60, 7,95, 8,92 y 6,89 p. 100 (tracto digestivo), respectivamente.

El peso de estos órganos también se vió afectado por el plano de alimentación recibido por las ovejas, por lo que los cambios no pueden ser achacados exclusivamente a la fase fisiológica, ya que las ovejas lactantes recibieron planos de alimentación entre 2 y 3 veces superiores a los de las gestantes y vacías.

### Segunda.

Los cambios en el peso vivo experimentados por las ovejas Romanov x Rasa Aragonesa a lo largo del ciclo reproductivo, no reflejan las variaciones reales en las reservas corporales, debido a que además de cambios en el peso del útero grávido y del contenido digestivo, los animales experimentaron variaciones en la composición química y contenido energético del cuerpo.

Las ovejas sacrificadas a los 97 días de gestación presentaron una menor hidratación y mayor contenido en lípidos del cuerpo vacío que aquellas sacrificadas a los 35 días de lactación, lo cual se reflejó en variaciones en el contenido energético del cuerpo vacío de 2,9 Mcal/Kg a 2,1 Mcal/Kg, respectivamente. Las ovejas sacrificadas a los 3-5 días post-parto y a los dos meses y medio del final de la lactación presentaron valores intermedios (2,6 y 2,4 Mcal/Kg, respectivamente).

### Tercera.

El cuerpo magro vacío (cuerpo vacío menos el contenido en lípidos) de las ovejas lactantes, presenta una mayor proporción de agua y menor de proteína que el el de las ovejas gestantes y las vacías y secas.

Gran parte de la variación de la composición del cuerpo magro vacío fue debida a diferencias en el peso y composición de los órganos reproductivos y en el volumen de sangre, aunque estas diferencias tendieron a persistir, cuando en el cuerpo magro vacío no se consideraron estos componentes.

No obstante, las diferencias en las proporciones de los componentes del cuerpo magro vacío, debidas al efecto fase, no superaron en ningún caso más de 2 unidades porcentuales. Los valores medios del contenido en agua, proteína y cenizas fueron de 74,78 p. 100  $\pm$  0,130; 19,42 p. 100  $\pm$  0,090 y 5,80 p. 100  $\pm$  0,070, respectivamente cuando se consideró el total de las ovejas Romanov x Rasa Aragonesa sacrificadas.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre fases en la composición del cuerpo magro vacío y seco, presentando éste un contenido medio en proteína de 77,03 p. 100  $\pm$  0,197 y en cenizas de 22,97 p. 100  $\pm$  0,197.

### Cuarta.

El contenido en lípidos del cuerpo está estrecha y negativamente correlacionado con el contenido en agua.



Cuando el contenido en lípidos y agua del cuerpo entero se expresaron en relación al peso vivo de los animales, la segunda variable explicó un 93 p. 100 de la variación de la primera. El porcentaje de variación explicado aumentó cuando la composición se refirió al peso de las ovejas esquiladas y , ordeñadas en el caso de las lactantes ( $R^2 = 0,97$  p. 100), cuando se consideró la composición del cuerpo vacío ( $R^2 = 0,97$ ) y no se tuvo en cuenta el peso y la composición del contenido del útero grávido de las gestantes ( $R^2 = 0,98$ ). La relación se vió afectada en menor medida por el peso y composición de los órganos reproductivos (útero y ubre) y de la sangre.

La relación entre el contenido en lípidos y el contenido en agua del cuerpo, varió de forma estadísticamente significativa entre fases, excepto cuando se consideró la composición del cuerpo vacío sin órganos reproductivos o sin éstos y la sangre. No obstante, el incremento en el porcentaje de variación explicado al considerar el efecto fase, fue en todos los casos inferior a 1,5 unidades porcentuales.

#### Quinta.

El contenido en lípidos del cuerpo se puede estimar a partir del peso vivo o del peso de los animales esquilados y ordeñados, y del contenido en agua del cuerpo, con una elevada seguridad (c.v. = 10,3 y 6,6 p. 100, respectivamente), superando a la estimación obtenida a partir del peso de los animales como única variable predictora (c.v. = 32 p. 100). La precisión de la estimación mejoró de forma estadísticamente significativa cuando se consideró el efecto de la fase fisiológica sobre dichas relaciones (c.v. de 8 y 8,8 p. 100 para las ovejas gestantes y, lactantes y vacías y de 4,4, 5,1 y 3,8 p. 100 para las ovejas gestantes, lactantes y vacías, considerando el peso vivo o el peso de los animales esquilados y ordeñados respectivamente, y el contenido en agua del cuerpo).

A partir de las mismas variables predictoras, el contenido en energía del cuerpo puede ser estimado con unos c.v. de 6,7 y 4,3 p. 100, según se considera el peso vivo o el peso vivo esquilado y ordeñado respectivamente, junto al contenido en agua del cuerpo.

Cuando se consideró el efecto de la fase fisiológica sobre dichas relaciones aumentó la seguridad de predicción (los c.v. disminuyeron a 5,7 y 5,5 p. 100 para las gestantes y, las lactantes y vacías y a 3,5 y 3,3, p. 100 para los mismos grupos de ovejas, respectivamente).

La consideración de pesos y contenidos en agua corregidos para el contenido del tracto digestivo, la carga fetal o para los órganos reproductivos y éstos y la sangre, supusieron escasas mejoras en la predicción del contenido en lípidos y energía del cuerpo.

El contenido en proteína está estrechamente relacionado con el peso de los animales ( $R^2 = 0,74$ ; c.v. = 5,7 p. 100), y la introducción del agua corporal como segunda variable independiente, no mejoró de forma estadísticamente significativa la precisión de la estimación ( $P > 0,05$ ). Se manifestaron diferencias estadísticamente significativas entre fases en la predicción del contenido en proteína del cuerpo, sin embargo, la utilización de ecuaciones distintas para cada fase provocó, únicamente, escasas mejoras en la predicción de este componente (c.v. = 4,2 y 5,1 p. 100 para las ovejas gestantes, y lactantes y vacías, respectivamente).

#### Sexta.

El ritmo fraccional de renovación y la vida media del óxido de deuterio utilizado como marcador del agua del cuerpo, varió con la fase fisiológica y en menor medida con el plano de alimentación.

El primero de los parámetros fue prácticamente el doble en las ovejas lactantes (0,9-0,8 p. 100  $h^{-1}$  para las ovejas a los 3-5 días y 35 días de lactación, respectivamente) que en las gestantes y en las vacías (0,4-0,5 p. 100  $h^{-1}$ ) siendo la vida media del marcador en el agua del organismo en las primeras de 78 y 98 horas y en las segundas de 160 y 180 horas.

Parte de la variación puede ser debida a las diferencias en el plano de alimentación, ya que cuando este se aumentó de 2 a 3

veces el nivel equivalente a mantenimiento, se observó un aumento en el ritmo fraccional de renovación del marcador de 0,6 a 0,9 p. 100  $\times$  h<sup>-1</sup>. El efecto del plano de alimentación se estudió en ovejas lactantes y los resultados muestran que más que un efecto intrínseco, estaría asociado con los cambios en el nivel de producción.

Las diferencias en el ritmo fraccional de renovación no supusieron grandes variaciones en el tiempo que tarda el marcador en alcanzar el equilibrio con el agua del cuerpo, el cual se alcanzó durante las tres primeras horas después de la infusión del marcador, independientemente de la fase y planos considerados.

#### Séptima.

El espacio de difusión del óxido de deuterio sobreestima el contenido en agua del cuerpo entre un 4 y un 16 p. 100, independientemente del método empleado para el cálculo del primero.

La sobreestimación es superior cuando el espacio de difusión se calcula a partir de las concentraciones puntuales del marcador, que cuando se calcula a partir de la concentración estimada por extrapolación a cero de la curva de eliminación del marcador.

Cualquiera que sea el método de cálculo empleado, el espacio de difusión del D<sub>2</sub>O explica más del 90 p. 100 de la variación del contenido en agua del cuerpo, pudiéndose predecir éste con un coeficiente de variación inferior al 4 p. 100. La precisión de la estimación mejoró significativamente al considerar como segunda variable independiente la diferencia de peso de las ovejas entre las 4-7 horas post-infusión y el sacrificio.

Los mejores ajustes se obtuvieron al considerar el espacio de difusión calculado por extrapolación de la curva de eliminación considerando las concentraciones registradas en sangre a las 5, 7, 29 y 31 horas después de la infusión ( $R^2 = 0,96$ ; c.v. = 2,3 p. 100) o el calculado a partir de una concentración media de las obtenidas a las 5 y 7 horas post-infusión del marcador ( $R^2 = 0,96$  y c.v. = 2,4 p. 100), y la diferencia de pesos.

Las ecuaciones de predicción del volumen de agua del cuerpo a partir del espacio de difusión y la diferencia de pesos, no se vieron afectadas de forma significativa por el efecto de la fase fisiológica o del plano de alimentación, cuando el espacio de difusión se calculó a partir de la concentración del marcador estimada por extrapolación, pero sí cuando se calculó a partir de las concentraciones puntuales, por lo que a efectos de predicción es más aconsejable el uso del primer método de cálculo.

#### Octava.

El peso registrado a las 4-7 horas después de la infusión del marcador (PE) y el espacio de difusión del D20 calculado por extrapolación (ED), permiten predecir el contenido en lípidos y energía del cuerpo con unos c.v. de 11,9 y 7,8 p. 100 respectivamente, aumentando ligeramente la precisión cuando se consideró el peso de los animales esquilados y ordeñados (c.v. = 11,1 y 7,2 p. 100, respectivamente). La predicción no se vió afectada ni por el estado fisiológico ni por el plano de alimentación.

Las ecuaciones de predicción obtenidas son las siguientes:

$$(1) \quad \text{Lípidos (Kg)} = -2,697 + 0,869 \text{ PE} - 0,995 \text{ ED} \\ \pm 0,0280 \quad \pm 0,0537$$

$$(2) \quad \text{Energía (Mcal)} = -23,026 + 8,287 \text{ PE} - 8,679 \text{ ED} \\ \pm 0,2510 \quad \pm 0,4824$$

El método descrito permite estimar el contenido en lípidos y energía del cuerpo de los animales con la precisión suficiente para poner en evidencia -con un margen de seguridad del 95 p. 100- diferencias de aproximadamente 700 gr de lípidos y 6,290 Mcal de energía al comparar dos lotes de 10 ovejas cada uno. Estas diferencias corresponden aproximadamente a un 10 p. 100 y un 7 p. 100 del contenido en lípidos y energía de una oveja de 46 Kg de peso vivo y grado de engrasamiento medio (6,5 Kg de lípidos y 90,7 Mcal de energía).

## VII.- RESUMEN

Se ha estudiado la evolución de la composición corporal de ovejas F1 (Romanov x Rasa Aragonesa), estableciéndose ecuaciones de predicción de la composición corporal "in vivo" mediante el método indirecto del espacio de difusión del óxido de deuterio, como marcador del agua del cuerpo.

Se realizaron dos experimentos, con un total de 60 ovejas F1 (Romanov x Rasa Aragonesa) y 4 ovejas Rasa Aragonesa, que fueron alojadas en jaulas individuales durante el periodo experimental.

En el primer experimento se utilizaron 16 ovejas en la sexta semana de lactación (12 ovejas F1 y 4 Rasa Aragonesa), distribuidas en dos grupos de 8, a los que se administró una dieta compuesta de un 60 p. 100 de heno de alfalfa y un 40 p. 100 de concentrado (79 p. 100 de cebada; 18 p. 100 de soja y 1 p. 100 de corrector vitamínico-mineral) durante 10 días. El plano de alimentación fue de 320 (A) y 160 (B) Kcal EM/Kg PV<sup>0,75</sup>, respectivamente. A los animales se les inyectó óxido de deuterio (D<sub>2</sub>O) a razón de 0,6 g/Kg PV, dos horas después de la primera distribución de comida. A 4 animales por grupo se les recogió un número variable de muestras de sangre, siendo sacrificadas a las 7 horas post-infusión del marcador. A los animales restantes se les tomó muestras de sangre, leche y orina a distintas horas hasta las 31 h. después de la infusión, momento en que fueron sacrificados. Las ovejas fueron pesados en el momento de la infusión del marcador, a las 4 y 7 horas post-infusión, y en el momento del sacrificio.

En el segundo experimento, se utilizó un grupo inicial de 48 ovejas F1 (Romanov x Rasa Aragonesa). Desde el día 90 de gestación al parto los animales recibieron una dieta constituida por un 70 p. 100 de heno de alfalfa y un 30 p. 100 de concentrado (básicamente cebada). En lactación el contenido en ingredientes de la dieta fue el mismo que en el primer experimento. Se establecieron 4 tratamientos consistentes en otros tantos niveles de ingestión de energía, que se suministraron durante los últimos 52 días de gestación. Estos niveles de ingestión fueron de 160 (A), 145 (M), 130 (B) y 115 (MB) Kcal de EM/Kg PV<sup>0,75</sup>. Durante la

lactación se limitó la ingestión a un nivel equivalente a 2 veces las necesidades de mantenimiento ( $2 \times 90 \text{ Kcal EM/Kg PV}^{0,75}$ ) en los tratamientos B, M y A, mientras que en el tratamiento MB la alimentación fué "ad libitum". Tras el destete, que se realizó a los 35 días post-parto, los animales se les mantuvo a un plano de alimentación próximo a mantenimiento ( $1,1 \times 90 \text{ Kcal EM/Kg PV}^{0,75}$ ).

Se llevaron a cabo 4 series de sacrificio correspondientes a cuatro fases distintas del ciclo reproductivo: 14, a los 97 días de gestación (G); 12, a los 3-5 días post-parto (LI) (4 del plano A; 3 del M; 4 del B y 1 del plano MB); 12, a los 35 días de lactación (LF) (9 del plano restringido y 3 alimentadas "ad libitum"), y 10, dos meses y medio tras el destete (V). El sacrificio se llevó a cabo 31 horas después de inyectarles óxido de deuterio, a razón de la misma dosis empleada en el primer experimento. Se les recogió muestras de sangre en distintos momentos hasta su sacrificio. El estudio del tiempo de equilibrio en cada fase fisiológica considerada, se realizó sobre distintos animales a los destinados al sacrificio, a los que se les tomó muestras de sangre y de otros fluidos del cuerpo (leche, orina, líquido ruminal) a distintas horas hasta las 31 post-infusión del marcador.

El peso y la proporción relativa al cuerpo vacío de las distintas fracciones en que fué dividido el cuerpo de las ovejas Romanov x Rasa Aragonesa en el momento del sacrificio, varió dependiendo de la fase fisiológica a la que éstas fueron sacrificadas. Los animales sacrificados en gestación presentaron un mayor peso vivo (PV) y peso vivo vacío (PVV) que las restantes fases. También mostraron un mayor peso la canal y de depósitos de grasa interna, sin embargo, el peso de la sangre y de la fracción vísceras fué mayor en las ovejas lactantes. Las diferencias se reflejaron fundamentalmente, además de en el peso de la ubre, en el peso de los órganos vacíos del tracto digestivo, del hígado y de los riñones.

También se observaron diferencias en la composición química del cuerpo. El contenido medio de lípidos de las gestantes (9,14 Kg) prácticamente duplicó al de las ovejas al final de la lactación (4,70 Kg) y vacías (5,72 Kg) ( $P \leq 0,005$ ). En cuanto a la composición del cuerpo magro, las ovejas lactantes presentaron un mayor porcentaje de agua que las vacías (74,9, LI; 75,4, LF y 74,1

p. 100, V) e inferior al de las gestantes (76 p. 100). Al considerar el cuerpo magro materno se observó un claro descenso en el porcentaje de agua de las ovejas gestantes, que alcanzaron un valor próximo al de las vacías (74,2 p. 100), siendo ambas inferiores al de las lactantes ( $P \leq 0,005$ ). Las diferencias en la proporción de este componente vienen explicadas en gran parte por las variaciones en el tamaño y composición de los órganos reproductivos y del peso de la sangre.

Las proporciones de proteína y cenizas del cuerpo magro mostraron una tendencia inversa a la del agua, en las fases a estudio.

Cuando se relacionaron la energía determinada mediante combustión en bomba calorimétrica y el contenido de grasa y proteína del cuerpo vacío, se obtuvieron coeficientes de regresión de 9,12 y 5,53 que representan los valores calóricos (Kcal/g) de la grasa y la proteína, respectivamente.

Los porcentajes de agua y grasa del cuerpo de las ovejas esquiladas y, ordeñadas en el caso de las lactantes, estuvieron estrecha y negativamente correlacionados ( $r = -0,983$ ). La fase fisiológica influyó significativamente sobre la relación. Las ovejas de las fases G y LI, presentaron, para un mismo contenido en agua, un mayor porcentaje en lípidos que las LF y V. Al expresar el contenido en lípidos y agua en función del peso vivo vacío materno, se observó una escasa mejoría ( $r = -0,991$ ). En este caso, la diferencia entre fases se puso de manifiesto en el sentido de que las ovejas G y V presentaron una significativa menor proporción de grasa que las lactantes, para una misma proporción de agua en el cuerpo vacío.

Las diferencias entre fases, pueden en gran parte ser explicadas por las variaciones en los órganos reproductivos y en el volumen sanguíneo a lo largo el ciclo reproductivo,; de hecho no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre fases cuando ambas variables se expresaron en función del peso vivo vacío sin considerar el peso y composición del útero, ubre y del volumen sanguíneo.

El peso vivo al sacrificio estuvo positivamente correlacionado con el contenido el lípidos, proteína y energía del

cuerpo. La introducción del contenido en agua como segunda variable independiente en la ecuación de predicción del contenido en lípidos y energía resultó estadísticamente significativa, mientras que no lo fue en la predicción del contenido en proteína del cuerpo.

El contenido en lípidos y energía de las ovejas puede ser predicho a partir del peso esquilado y el contenido en agua del cuerpo, con unos coeficientes de variación de 6,6 p. 100 y 4,3 p. 100, respectivamente.

Se manifestaron diferencias estadísticamente significativas en las relaciones establecidas entre los componentes químicos o el contenido en energía del cuerpo y, el peso de los animales y, en su caso, el contenido en agua del cuerpo. Al considerar el efecto fase, aumentó de forma estadísticamente significativa el porcentaje de variación del contenido en lípidos, proteína y energía del cuerpo que fué explicado por el peso de los animales y su contenido en agua. Para un mismo peso y contenido en agua del cuerpo, y dentro del rango de los valores obtenidos en el presente trabajo, las ovejas gestantes y lactantes inicio presentaron un mayor contenido en lípidos que las ovejas lactantes final y vacías, mientras que éstas últimas presentaron un mayor contenido en proteína, para un mismo peso.

Se obtuvieron mejoras en la predicción cuando se ignoró el contenido digestivo, la carga fetal, así como el peso y composición de los órganos reproductivos y la sangre.

En cuanto al estudio del óxido de deuterio ( $D_2O$ ) como marcador del agua corporal, se observó que, dentro del amplio rango de planos de alimentación utilizados y cualquiera que sea la fase fisiológica en que se encuentran los ovejas, el  $D_2O$  alcanza el equilibrio en el agua corporal dentro de las 3 primeras horas después de su infusión, a pesar de que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el ritmo de renovación del marcador entre fases fisiológicas, el cual fué el doble en las ovejas lactantes ( $0,9-0,8$  p. 100  $h^{-1}$ ) que en las gestantes y vacías ( $0,5-0,4$  p. 100  $h^{-1}$ ), viéndose afectado en menor medida por el plano de alimentación, como lo demuestra el hecho de que no se manifestaron diferencias estadísticamente significativas entre



planos en el primer experimento, mientras que la respuesta observada en el segundo, en el sentido de un mayor ritmo fraccional de renovación en el plano alto de alimentación, estuviera influida por la existencia de diferencias en el nivel de producción de leche de las ovejas.

El espacio de difusión del marcador (ED) se calculó a partir de la concentración del  $D_2O$  registrado en sangre en un momento determinado entre las 3 y 7 h. post-infusión del marcador (una vez el equilibrio se ha alcanzado) o a partir de una concentración media de dos obtenidas a diferentes horas próximas al equilibrio, o bien a partir de la concentración teórica del marcador en el momento de la infusión, estimada por extrapolación de la curva de eliminación obtenida a partir del equilibrio.

En todos los casos, el espacio de difusión sobreestimó el volumen real de agua del cuerpo. La sobreestimación varió entre un 4 y un 16 p. 100, siendo superior cuando el ED se calculó a partir de concentraciones puntuales.

En el primer experimento, la precisión de las relaciones establecidas entre el agua determinada al sacrificio y el ED fué mayor en los animales sacrificados a las 7 h., que en los que se sacrificaron a las 31 h. post-infusión. Sin embargo, cuando se tuvo en cuenta la diferencia de pesos de los animales entre las 4-7 h. después de la infusión y el sacrificio, la precisión de la estimación fué muy similar a la obtenida con los animales sacrificados a las 7 h., por lo que en el segundo experimento se optó por sacrificar a los animales a las 31 h., lo que permite calcular el ED por extrapolación así como el ritmo fraccional de renovación y la vida media del marcador.

Las ecuaciones de predicción del agua del cuerpo a partir del espacio de difusión y de la diferencia de pesos, establecidas con un total de 55 ovejas, presentaron unos c.v. inferiores al 3 p. 100, cualquiera que sea la concentración utilizada para el cálculo del ED. El mejor ajuste se obtuvo cuando el ED se calculó a partir de la concentración estimada por extrapolación de la curva de eliminación establecida con las concentraciones registradas a las 5, 7, 29 y 31 horas post-infusión (EDo3) ( $R^2 = 0,96$ ;  $RSD = 0,677$  Kg y c.v. = 2,27 p. 100), la relación no se vió afectada de forma significativa por el efecto fase, ni por el plano de alimentación.

Aunque la precisión fué también elevada cuando se utilizó el espacio de difusión calculado a partir de la concentración media de las registradas en sangre a las 5 y 7 horas post-infusión (ED57) ( $R^2 = 0,96$ ;  $RSD = 0,712$  Kg; c.v. = 2,38 p. 100), se puso de manifiesto un efecto de la fase fisiológica, lo que se explica por las variaciones en el ritmo de pérdidas del marcador que se observó entre fases, ya que el cálculo del ED a partir de las concentraciones puntuales no permite tomar en consideración el diferente ritmo de eliminación del marcador desde el momento de la infusión.

Se establecieron ecuaciones de predicción de los componentes químicos y contenido en energía del cuerpo a partir del peso vivo y del espacio de difusión del  $D_2O$ , considerando las ovejas F1 sacrificadas a las 31 h. post-infusión ( $n = 53$  animales), a las que se les registró su peso en el momento de la infusión del marcador (PI), a las 4 ó 5 y 7 h. post-infusión (PE) y al sacrificio (PS). El espacio de difusión utilizado en dichas relaciones, fué aquel que permitió estimar de forma más precisa el agua corporal (EDo3, ED57), su inclusión en la ecuación del contenido en proteína no resultó estadísticamente significativa.

Los mejores ajustes en la predicción del contenido en lípidos y energía se obtuvieron a partir del PE y del EDo3, los cuales permiten predecir ambos componentes con unos c.v. de 11,9 y 7,8 p. 100, respectivamente. Esto es, al sustituir en las ecuaciones de predicción el contenido de agua determinado en el momento del sacrificio por el ED, empeora ligeramente, la precisión de las estimaciones, pero supone un descenso de los RSD y c.v. de más del 60 p. 100 en relación a cuando se consideró el peso vivo como única variable predictora.

El efecto de la fase fisiológica observado en la relación entre la grasa o energía del cuerpo y, el peso al sacrificio y el agua corporal, no resultó ser estadísticamente significativo cuando se utilizó PE y se sustituyó el agua real por el EDo3.

Las ecuaciones de predicción del contenido en lípidos y energía se presentan a continuación:

$$(1) \text{ Lípidos (Kg)} = -2,697 + 0,869 \text{ PE } -0,995 \text{ EDo3} \\ \pm 0,0280 \quad \pm 0,0537$$

n = 53; R<sup>2</sup> = 0,957; RSD = 0,783 Kg; c.v. = 11,93 p. 100

$$(2) \text{ Energía (Mcal)} = -23,026 + 8,287 \text{ PE } -8,679 \text{ EDo3} \\ \pm 0,2510 \quad \pm 0,4824$$

n = 53; R<sup>2</sup> = 0,964; RSD = 7,032 Mcal; c.v. = 7,75 p. 100

Dados los resultados del presente trabajo, se concluye que, el método descrito puede ser de gran utilidad para conocer la evolución de las reservas corporales del ganado ovino y estudiar en qué medida la movilización de reservas puede cubrir un déficit de energía, a lo largo del ciclo reproductivo del animal.

# **VIII- BIBLIOGRAFIA**

**ALVAREZ, P.J.** (1980). Contribución al establecimiento de las necesidades energéticas para la producción de leche en el ganado ovino: Pruebas de alimentación con ovejas Churras. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de León.

**ALVAREZ, P.J. y GUADA, J.A.** (1982). Respuesta de la producción de leche al plano de ingestión en ovejas de ordeño de raza churra. ITEA. Vol. Extra nº 1. XIV Jornadas de estudio. Zaragoza 1982.

**ANDERSON, R.R.** (1975) Mammary gland growth in sheep. J. Anim. Sci. 41: 118-123.

**ANNISON, E.F. y LINZELL, J.L.** (1964). The oxidation and utilization of glucose and acetate by the mammary gland of the goat in relation to their overall metabolism and to milk formation. J. Physiol., London, 175: 372-385.

**A.O.A.C.** (1981) Official methods of analysis of the association of official agricultural chemistry. Thirteenth edit. Washington.

**A.R.C.** (1980). The nutrient requirements of ruminants livestock. Agricultural Research Council. Working Party C.A.B. Commonwealth Agricultural Bureaux.

**ARMSBY, H.P.** (1917). The nutrition of Farm Animals. The Macmillan Company, New York.

**ARNETT, E.M. y DUGGLEBY, P.McC.** (1963). A rapid and simple method of deuterium determination. Analytical Chemistry, 35: 1420-1424

**ARNOLD, R.N.; HENTGES, E.J.; TRENKLE, A.** (1985). Evaluation of the use of deuterium oxide dilution techniques for determination of body composition of beef steers. J. Anim. Sci. Vol. 60, 5: 1188-1200.

- ASCHBACHER, P.W.; KAMAL, T.H.; GRAGLE, R.G. (1965). Total body water estimation in dairy cattle using tritiated water. J. Anim. Sci. 24:430-433.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS. (1980). Official methods of analysis. 13<sup>th</sup> Ed. AOAC, Washington, DC.
- ATKINSON, T.; FOWLER, V.R.; GARTON, G.A.; LOUGH, A.K. (1972). A rapid method for the accurate determination of lipid in animal tissues. Analyst London, 97:562-568.
- AUFRERE JOCELYNE. (1982) Etude de la prévision de la digestibilité des fourrages par une méthode enzymatique. Ann. Zootech, 31:111-130.
- BATH, D.L.; RONNING, M.; MEYER, J.H.; LOFGREEN, G.P. (1965) Caloric equivalent of live-weight loss of dairy cattle. J. Dairy Sci. 48:374-380.
- BAUER, J.H.; BURT, R.W.; WHANG, R. (1975). Simultaneous determination of extracellular fluid and total body water. J. Lab Clin Med. 86:1003-1008.
- BAUMAN, D.E. (1984). Regulation of nutrient partitioning. En: Herbivore nutrition in the subtropics and tropics. Edit. F.M.C. GILCHRIST y R.I. MACKIE. The Science Press: 505-524.
- BAUMAN, D.E. y CURRIE, W.B. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. J. Dairy Sci. 63:1514-1529.
- BAUMAN, D.E.; EISEMANN, J.H.; CURRIE, W.B. (1982). Hormonal effects on partitioning of nutrients for tissue growth: role of growth hormone and prolactin. Fed. Proc. 41:2538-2544.
- BAUMAN, D.E. y ELLIOT, J.M. (1983). Biochemistry of Lactation, En T.B. Mepham (Ed) pp.437-468. Amsterdam, Holanda: Elsevier/North-Holland Biomedical Press.
- BELYEA, R.L.; RABBITT, C.L.; SEDWICK, H.T.; ZINN, G.M. (1986). Body protein losses estimated by nitrogen balance and potassium-40 counting. J. Dairy Sci. 69.7:1817.

- BENSADOUN, A. ; REID, J. T. ; VAN ULECK, L. D. ; PALADINES, O. L. ; VAN NIEKERK, B. D. H. (1968). Comparison of various indirect methods with direct methods of determining body composition in ruminants. En: Body composition in animals and man. Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- BINES, J. A. ; SUZUKI, S. ; BALCH, C. C. (1969). The quantitative significance of long term regulation of food intake in the cow. British Journal of Nutrition., 23: 695-704.
- BIRD, P. R. ; FLINN, P. C. ; CAYLEY, J. W. D. ; WATSON, M. J. (1982). Body composition of live cattle and its prediction from fasted liveweight, tritiated water space and age. Aust. J. Agric. Res. 33: 375-379.
- BLAXTER, K. L. (1962). The energy metabolism of ruminants. Hutchinson Scientific and Technical. London.
- BLAXTER, K. L. y ROOK, J. A. F. (1953). The heat of combustion of the tissues of cattles in relation to their chemical composition. Brit. J. Nutr. 7: 83-91.
- BLAXTER, K. L. Y WAINMAN, F. W. (1964). The utilization of the energy of different rations by sheep and cattle for maintenance and for fattening. J. Agric. Sci. Camb., 63: 113-128.
- BOCCARD, R. ; DUMONT, B. L. ; LEFEVRE, J. (1976). Etude de la production de la viande chez les ovins. X. Relations entre la composition anatomique des différentes régions corporelles de l'agneau. Ann. Zootech. 25: 95-110.
- BOCQUIER, F. (1987). Estimation "*in vivo*" de la composition corporelle des petits ruminants par les techniques de dilution. (Comunicación personal).
- BOCQUIER, F. y THERIEZ, M. (1984). Prediction of ewe body composition at different physiological states. En: In vivo measurement of body composition in meat animals: 152-157. LISTER, D. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York.

- BOOTS, R.L.; HEMKEN, R.W.; BULL, L.S. (1979). Protein reserves in the lactating dairy cow. J. Dairy Sci. 62:433-440.
- BOWLER, R.G. (1944). The determination of thiocyanate in blood serum. Biochem. J. 38:385-388.
- BROCKMAN, R.P. y LAARVELD, B., (1986). Hormonal regulation of metabolism in ruminants: a review. Livestock Production Science. 14:313-334.
- BRODIE, B.B. (1951). Citado por DUMONT B.L. (1958). Methods in Medical Research 4:31.
- BRODIE, B.B.; AVELROD, J.; SOBERMAN, R.; LEVY, B.B. (1949). Citado por SIDDIOUE, I.A. y RAGHAVAN, G.V. Ind. Vet. J. 61:382-386. (1984).
- BRODY, S. (1945). Bioenergetics and growth. Reinhold Publishing Corporation., New York.
- BROSTER, W.H. (1918). Developments in feeding dairy cows. Adas Q. Rev. 39:234-255.
- BROWN, D.L. y TAYLOR, S.J. (1986). Deuterium oxide dilution kinetics to predict body composition in dairy goats. J. Dairy Sci. 69:1151-1155.
- BURTON, J.H. y REID, J.T. (1969). Interrelationships among energy input, body size, age and body composition of sheep. J. Nutr. 97:517-524.
- BUTTERY P.J. (1984). Protein turnover and muscle metabolism in the ruminant, En: Herbivore nutrition in the subtropics and tropics. Edit. F.M.C. GILCHRIST y R.I. MACKIE. The Science Press: 597-612.
- BYERS, F.M. (1979-a). Extraction and measurement of deuterium oxide at tracer levels in biological fluids. Anal. Bioch. 98:208-213.

- BYERS, F.M. (1979-b). Measurement of protein and fat accretion in growing beef cattle through isotope dilution procedures. Ohio Agr. Res. Dev. Center Ser. 79-1: 36.
- CAMPBELL, R.N y FELL, B.F.C. (1970). Observations on hypertrophy of the liver in breeding ewes. Res. Vet. Sci. 11: 540-547.
- CAMPBELL, R.M.; FELL, B.F.; MACKIE, W.S. (1974). Ornithine decarboxylase activity, nucleic acids and cell turnover in the livers of pregnant rats. J. Physiol. 241: 699-713.
- CARNEGIE, A.B. y TULLOH, N.M. (1968). The in vivo determination of body water space in cattle using the tritium dilution technique. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 7: 308-313.
- CASTRILLO, Olga (1975). La composición corporal de los corderos de raza Churra y su evolución en el transcurso del crecimiento. Ann. Fac. Vet. León Año XXI, nº 21: 205-277.
- CASTRILLO, C. (1979). Variaciones en la composición corporal de los corderos Churros en relación con el peso, el sexo y el contenido graso de la dieta. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Oviedo
- CASTRILLO, C. (1986). Utilización de la energía metabolizable para el mantenimiento y retención de grasa y proteína por los corderos lactantes. Premio de investigación GENSA. (No publicado).
- CASTRILLO, C.; BAUCCELLS M.; GUADA, J.A.; PURROY, A.; SEBASTIAN, I. (1988). Relationship between body fat reserves and body condition score in sheep at different physiological stages. B.S.A.P. Winter Meeting.
- CASTRILLO, C.; THERIEZ, M.; VILLETTE, Y. (1984). Predicción de la composición de corderos en cebo a partir del espacio de difusión del óxido de deuterio. An. INIA, 19: 123-139.



- CHRISTENSON, R.K. y PRIOR, R.L. (1976). Influence of dietary protein and energy on reproductive performance and nitrogen metabolism in Finn-cross ewes. J. Anim. Sci., 43 N° 5: 1104-1113.
- CLARK, J.L.; HEDRICK, H.B.; THOMPSON, G.B. (1976). Determination of body composition of steers by  $^{40}\text{K}$ . J. Anim. Sci. 42: 352-356.
- CLARK, C.F.S. y SPEEDY, A.W. (1980). The effects of pre-mating and early pregnancy nutrition on foetal growth and body reserves in scottish half-bred ewes. Anim. Prod., 30: 485.
- CLOSE, W.H.; WOBLER, J.; HEAVENS, R.R. (1985). Studies on the energy metabolism of the pregnant cow. 2. The partition and utilization of metabolizable energy intake in pregnant and non-pregnant animals. Br. J. Nutr. 53: 267-279.
- COPPOCK, C.E.; TYRRELL, H.E.; MERRILL, W.G. y REID, J.T. (1968). The significance of protein reserve to the lactating cow. Proceedings of the Cornell Nutrition Conference for feed manufacturers 98: 86-94
- COSTA TEIXEIRA, A.J. (1987). Reparto de la grasa en función de la composición corporal (body condition) en ovejas adultas Rasa Aragonesa. Tesis Master of Science. Instituto Agronómico Mediterráneo. Zaragoza.
- COWAN, R.T.; REID, G.W.; GREENHALGH, J.F.D. y TAIT, C.A.G. (1981-a). Effects of feeding level in late pregnancy and dietary protein concentration during early lactation on food intake, milk yield, liveweight change and nitrogen balance of cows. J. Dairy Res. 48: 201-212.
- COWAN, R.T.; ROBINSON, J.J.; GREENHALGH, J.F.D. (1978). Body composition changes in lactating ewes. Anim. Prod. 26: 392-393.

- COWAN, R.T.; ROBINSON, J.J.; GRENHALGH, J.F.D.; McHATTIE, I. (1979). Body composition changes in lactating ewes estimated by serial slaughter and deuterium dilution. Anim. Prod. 29: 81-90.
- COWAN, R.T.; ROBINSON, J.J.; McDONALD, I. (1982). A note on the effects of body fatness and level of food intake on the rate of fat loss in lactating ewes. Anim. Prod., 34: 355-357.
- COWAN, R.T.; ROBINSON, J.J.; McDONALD, I.; SMART, R. (1980-a). Effects of body fatness at lambing and diet in lactation on body tissue loss, feed intake and milk yield of ewes in early lactation. J. Agric. Sci. Camb. 95: 497-514.
- COWAN, R.T.; ROBINSON, J.J.; McHATTIE, I.; FRASER, C. (1980-b). The prediction of body composition in live ewes in early lactation from live weight and estimates of gut contents and total body water. J. Agric. Sci. Camb., 95: 515-522.
- COWAN, R.T.; ROBINSON, J.J.; McHATTIE, I.; PENNIE, K. (1981-b). Effects of protein concentration in the diet on milk yield, change in body composition and the efficiency of utilization of body tissue for milk production in ewes. Anim. Prod. 33: 111-120.
- CRABTREE, R.M.; HOUSEMAN, R.A.; KAY, M. (1974). The estimation of body composition in beef cattle by deuterium oxide dilution. Proc. Nutr. Soc., 33: 74A-75A.
- CRANDALL, L.A. Jr y ANDERSON, M.X. (1934). Citado por BOWLER Biochem. J. 38: 385-388 (1944).
- CULEBRAS, J.M.; FITZPATRICK, G.F.; BRENNAN, M.F.; BOYDEN, C.M.; MOORE, F.D. (1977). Total body water and exchangeable hydrogen. II. Review of comparative data from animals based on isotope dilution and desiccation with a report of new data from the rat. Am. J. Physiol. 232: R60-R65.

- CULEBRAS, J.M. y MOORE, F.D. (1977). Total body water and the exchangeable hydrogen. I. Theoretical calculation of nonaqueous exchangeable hydrogen in man. Am. J. Physiol. 232: R54-R59.
- CHAIYABURT, N.; BURANAKARL, C.; MUANGCHAROEN, V.; LOYPETJRA, P.; PICHAICHARNARONG, A. (1987). Effects of acute heat stress on changes in the rate of liquid flow from the rumen and turnover of body water of swamp buffalo. J. agric. Sci., Camb. 108: 549-553.
- CHESLEY, L.C. (1944). Citado por Dumont B.L. Ann. Nutr. Alim. 12: 95-158 (1958).
- CHIGARU, P.R.N. y HOLNESS, D.H. (1983). Estimation of body water and fat in cattle using tritiated water space and live weight with particular reference to the influence of breed. J. agric. Sci., Camb. 101(2): 257-264.
- CHIGARU, P.R.N. y TOPPS, J.H. (1981). The composition of body weight changes in the underfed lactating beef cows. Anim. Prod. 32: 95-103.
- CHILLIARD, Y.; DURAND, G.; SAUVANT, D.; MORAND-FEHR, P. (1978). Activité métabolique du tissu adipeux de la chèvre au cours de la gestation et en début de lactation. C.R. Acad. Sci., Paris, Ser-D. 287: 1131-1134.
- CHILLIARD, Y.; REMOND, B.; SAUVANT, D.; VERMOREL, M. (1983). Particularités nutritionnelles des vaches à haut potentiel de production: particularités du métabolisme énergétique Bull. Tech. CRZU de Theix. INRA, 53: 37-64.
- CHILLIARD, Y.; SAUVANT, D.; HERVIEU, J.; DORLEANS, M.; MORAND-FEHR, P. (1977). Lipoprotein lipase activity and composition of omental adipose tissue as related to lipid metabolism of the goat in late pregnancy and early lactation. Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys 17: 1021-1033.
- DAVIES, D.A.R.; OWEN, J.B.; CUTHBERTSON, A.; READ, J.L. (1978). Carcass composition of lambs including a method of assesment using tritiated water in vivo. Anim. Prod. 19: 377-388.

- DE BLAS, J.C.; TORRES, A.; FRAGA, M.J.; PEREZ, E.; GALVEZ, J.F. (1977). Influence of weight and age on the body composition of young rabbits. J. Anim. Sci. 45:48-53.
- DEGEN, A.A. y YOUNG, B.A. (1980). Live weight, total body water and maternal body solid changes in pregnant and lactating beef cows. J. Agric. Sci. 95:1-5.
- DELFA, R.; TEIXEIRA, A.; COLOMER-ROCHER, F. (1987) Relaciones existentes entre la conformación y la composición corporal en ovejas adultas de la raza Rasa Aragonesa. ITEA II Jornadas sobre producción Animal. Vol. Extran<sup>2</sup>-7: 132-134.
- DOIZE, F.; WILDE, R. DE; PAQUAY, R. (1979). Estimation of the chemical composition of adult sheep. Ann. Zootech. 28:393-406.
- DONNELLY, J.R. y FREER, M. (1974). Prediction of body composition in live sheep. Aust. J. Agric. Res. 25:825-834.
- DOREAU, M.; ROBELIN, J.; LESTRADE, A. (1985). Effects of physiological state and body fatness on digestive tract weight and composition in the dairy cow. Livestock Production Science. 12:379-385.
- DUMONT, B.L. (1955). L'utilisation de l'antipyrine pour la mesure in vivo de l'eau totale du corps chez les ovins. Ann. Zootech. 4:315-319.
- DUMONT, B.L. (1958). Méthodes indirectes de mesure de la graisse corporelle des mammifères. Ann. Nutr. Alim. 12:95-158.
- EDELMAN, I.S. (1952). Exchange of water between blood and tissues. Characteristics of deuterium oxide equilibration in body water. Am. J. Physiol. 171:279-296.
- EVANS, D.G. (1978). The interpretation and analysis of subjective body condition scores. Anim. Prod. 26:119-125.
- EVERITT, G.C. (1962). On the assessment of body composition in live sheep and cattle. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 4:79-89.

- FARRELL, D.J. y REARDON, T.F.** (1972). Undernutrition in grazing sheep. III. Body composition and its estimation in vivo. Aust. J. Agric. Res. 23.: 511-517.
- FELL, B.F.; CAMPBELL, R.M.; MACKIE, W.S.; WEEKES, T.E.C.** (1972). Changes associated with pregnancy and lactation in some extra-reproductive organs of the ewe. J. agric. Sci., Camb. 79: 397-407.
- FERRELL, C.L. y JENKINS, T.G.** (1984). Energy utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. J. Anim. Sci. 58: 234.
- FIELD, A.C.; SUTTLE, N.F.; GUNN, R.G.** (1968). Seasonal changes in the composition and mineral content of the body of hill ewes. J. agric. Sci., Camb. 71: 303-310.
- FLATT, W.P.; COPPOCK, C.E.; MOORE, L.A.** (1965). Energy balance studies with lactating, non-pregnant dairy cows consuming rations with varying hay to grain ratios. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Symposium on Energy Metabolism: 121-130. Edit. K.L. Blaxter. Academic Press. London-New York. (E.A.A.P. Publ. n°11).
- FLATT, W.P.; MOE, P.W.; MOORE, L.A.; HOOVEN, N.W.; LEHMANN, R.P.; ØRSKOV, E.R.; HEMKEN, R.W.** (1969). Energy utilization by high producing dairy cows. En: Blaxter, K.L.; Kielanowski, J.; Thorbek, G. Energy metabolism of farm animals: 221-251.
- FOOT, Janet** (1969). Voluntary food-intake and body composition in pregnant ewes. Thesis, University of Aberdeen.
- FOOT, Janet y TISSIER, H.** (1977). Voluntary intake of feed by lactating ewes. European Association for Animal Production, 28<sup>th</sup> Annual Meeting: 66-73. Bruselas.
- FOOT, Janet y GREENHALGH, J.F.D.** (1970). The use of deuterium oxide space to determine the amount of body fat in pregnant Blackface ewes. Br. J. Nutr. 24: 815-825.
- FOOT, Janet.; SKEDD, E.; McFARLANE, D.N.** (1979). Body composition in lactating sheep and its indirect measurement in the live animal using tritiated water. J. agric. Sci., Camb. 92: 69-81.

- FORBES, G.B. (1963). Nutritional implication of the whole body counter. Nutritional Rev. 21:321-324
- FORBES, J.M. (1968). The physical relationships of the abdominal organs in the pregnant ewe. J. agric. Sci., Camb. 70:171-177.
- FORBES, J.M. (1969). The effect of pregnancy and fatness on the volume of rumen contents in the ewe. J. agric. Sci., Camb. 72:119-121.
- FORBES, J.M. (1970). The voluntary intake of feed in pregnant and lactating ruminants. A review. Brit. Vet. J. 126:1-11.
- FORBES, J.M. (1971). Physiological changes affecting voluntary food intake in ruminants. Proc. Nutr. Soc., 30:135-142.
- FORBES, J.M. (1977). Interrelationships between physical and metabolic control of voluntary food intake in fattening, pregnant and lactating mature sheep: a model. Anim. Prod. 24:91-101
- FORBES, J.M. y ROBINSON, J.J. (1967). The effect of source and level of dietary protein on the performance of lamb ewes. Anim. Prod., 9:521-530.
- GALVEZ, J.F. y ROMEVA, J. (1973). Necesidades energéticas de la oveja manchega durante la gestación. Ann. I.N.I.A., Prod. Anim. 4:66-77.
- GARDNER, R.W. y HOGUE, D.E. (1964). Effects of energy intake and number of lambs suckled on milk yield, milk composition and energetic efficiency of lactating ewes. J. Anim. Sci. 23:935-942.
- GARRET, W.N. y HINMAN, N. (1969). Re-evaluation of the relationship between carcass density and body composition of beef steers. J. Anim. Sci. 28:1-5.
- GARRET, W.N.; MEYER, I.H.; LOFGREEN, G.P. (1959). An evaluation of the antipyrine dilution technique for the determination of total body water in ruminants. J. Anim. Sci. 18:528-547.

- GEAY, Y. y BÉRANGER, C.** (1969). Estimation de la composition de la carcasse de jeunes bovins à partir de la composition d'un morceau monocostal au niveau de la II<sup>e</sup> côte. Ann. Zootech. 18: 65-77.
- GEENTY, K.G. y SYKES, A.R.** (1986). Effect of herbage allowance during pregnancy and lactation on feed intake, milk production, body composition and energy utilization of ewes at pasture. J. agric. Sci., Camb. 106: 351-367.
- GEISLER, P.A. y NEAL, H.** (1979). A model for the effects of energy nutrition on the pregnant ewe. Anim. Prod. 29: 357-369.
- GIBON, A. ; DEDIEU, B. ; THERIEZ, M.** (1985). Les reserves corporelles des brevis. Scotage, mobilisation et rôle dans les élevages de milieu difficile. 10<sup>e</sup>. Jour Rech. Ovine et caprine. (INRA-ITOVIC): 178-212
- GONZALEZ, J.S.** (1977). Necesidades proteicas de la oveja Churra para mantenimiento y gestación. Tesis doctoral. Universidad Oviedo.
- GONZALEZ, J.S. ; GUADA, J.A. ; OVEJERO, F.J.** (1979). Necesidades proteicas de la oveja Churra gestante. II. Efecto de la ingestión de energía y proteína durante el último tercio de la gestación sobre la producción de leche en la subsiguiente lactación. Ann. INIA. Ser. Prod. Anim., 10: 107-116.
- GONZALEZ, J.S. ; ROBINSON, J.J. ; FRASER, C.** (1985). The effect of physiological state on digestion in the ewe and its influence on the quantity of protein reaching the abomasum. Livest. Prod. Sci. 12: 59-68.
- GORDIN, S. ; VOLCANI, R. ; BIRK, Y.** (1971). The effects of the nutritional level on milk yield and milk composition in cows and heifers. J. Dairy Res., 38: 287-294.
- GORDON, F.J.** (1977). The effect of protein content on the response of lactating cows to level of concentrate feeding. Anim. Prod. 25: 181-191.

- GORDON, F.J. y FORBES, T.J. (1970). The associative effect of level of energy and protein intake in the dairy cow. J. Dairy Res. 37:481-491
- GORDON, F.J. y FORBES, T.J. (1971). Effect of fibre level in the diet of the dairy cow on milk yield and composition. J. Dairy Res. 38:381-391.
- GRAPPIN, R. (1976). Guide pour l'évaluation des méthodes d'analyses de routine. Le Lait, 559-560:605-621.
- GUADA, J.A. y OVEJERO, F.J. (1977). Efecto del plano de ingestión durante el último tercio de la gestación sobre algunas características productivas de la oveja Churra. Rev. Nutr. Anim. 15:23-36.
- GUERRA, J.C.; THWAITES, C.J.; EDEY, T.N. (1972). Assesment of the proportion of chemical fat in the bodies of live sheep. J. agric. Sci., Camb. 78:147-149.
- HADJIPIERIS, G. y HOLMES, W. (1966). Studies on feed intake and feed utilization by sheep. I. The voluntary feed intake of dry, pregnant and lactating ewes. J. agric. Sci., Camb., 66:217-223
- HAXHE, J.J. (1964). Mesures des compartiments. Méthodes et résultats. J. Physiol. (Paris). 56.:107-109.
- HEANEY, D.P. y LODGE, G.A. (1975). Body composition and energy metabolism during late pregnancy in the ad libitum-fed ewe. Can. J. Anim. Sci. 55:545-555.
- HEVESY, G. y HOFER, E. (1934). Elimination of water from the human body. Nature. 134:879-883.
- HOUSEMAN, R.A. (1972). Studies of methods of estimating body composition in the living pig. PhD Thesis, University of Aberdeen.
- HOUSEMAN, R.A.; McDONALD, I.; PENNIE, K. (1973). The measurement of total body water in living pigs by deuterium oxide dilution and its relation to body composition. Br. J. Nutr. 30:149-156.



- HOUSEMAN, R.A.; ROBINSON, J.J.; FRASER, C. (1978). The estimation of body water and fat in pregnant ewes using deuterium oxide. Proc. Nutr. Soc. 37: 64A.
- HOWELL, F.D. DeB; GORDON, J.G.; McPHERSON, R.W. (1977). Thin sows. II. observations on the energy and nitrogen exchange of thin and normal sows in environmental temperatures of 20 °C and 5 °C degrees J. agric. Sci., Camb. 89: 523-533.
- HUCKKABEE, W.E. (1956) Citado por Dumont B.L. Ann. Nutr. Alim. 12: 95-158 (1958).
- HYTTEN, F.E. y LEITCH, I. (1971). The physiology of human pregnancy, 2<sup>a</sup> Ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications
- JAGUSCH, K.T.; NORTON, B.W.; WALKER, D.M. (1970). Body composition studies with the milk-fed lamb. II. The effect of age of the lamb and the protein content of the diet on the chemical composition of the body and its organs. J. Agric. Sci., Camb., 75: 279-285.
- JEFFERIES, B.C. (1961). Body condition scoring and its use in management. Tasm. J. Agric. 32: 19-21.
- JOURNET, M. y REMOND, B. (1978). Rationnement energetique selon la stade de lactation at le niveau de production. En "La vache laitière". Ed. INRA Publications (Route de Saint-Cyr), 78000 Versailles.
- JUDGE, M.D.; STOB, M.; KESSLER, W.U.; CHRISTIAN, J.E. (1963). Lamb carcass and live lamb evaluation by <sup>40</sup>K and carcass measurement. J. Anim. Sci., 22: 418-421.
- KAPLAN, S.L. y GRUMBACH, M.M. (1974) .En J.B. Josimovich, M. Reynolds & Cobo (Eds). Lactogenic Hormones, Fetal Nutrition and Lactation: 183-191. New York, USA: John Wiley & Sons.
- KAY, M. (1969). Roughage to concentrate balance in feeds for the dairy cow Nutrition Conference for Feed Manufacturers. 3: 43-52. Edit. H. Swan and D. Lewis. Chirchill LTD. London.

- KHALAF, A.M.; DOXEY, D.L.; BAXTER, J.T.; BLACK, W.J.M.; FITZSIMONS, J.; FERGUSON, J.A. (1979). Late pregnancy ewe feeding and lamb performance in early life. 1.-Pregnancy feeding levels and perinatal mortality. 2.-Factors associated with perinatal lamb mortality. Anim. Prod. 29:393-401.
- KEENAN, D.M.; McMANUS, W.R.; FREER, M. (1969). Change in the body composition and efficiency of mature sheep during loss and regain of live weight. J. Agric. Sci. Camb. 72:139-147.
- KEMPSTER, A.J. (1980). Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: a review. Meat Science. 5:83-98
- KIRTON, A.H. (1964). Assessment of body composition in the live animal. Proc. New Zealand Society of Animal Production, 24:77-89
- KIRTON, A.H. y BARTON, R.A. (1958-a). Live weight loss and its components in Romney ewes subjected to L-Thyroxine therapy and a low plane of nutrition. I. Effect on live weight, carcass weight and carcass composition. J. agric. Sci., Camb. 51:265-281.
- KIRTON, A.H. y BARTON, R.A. (1958-b). Specific gravity as an index of the fat content of mutton carcasses and various joints. N.Z.J. Agric. Res. 1:633-641.
- KIRTON, A.H.; PEARSON, A.M.; NELSON, R.H.; ANDERSON, E.C.; SCHUCH, R.L.; (1961) Use of naturally occurring  $^{40}\text{K}$  to determine the carcass composition of live sheep. J. Anim. Sci., 20:635-639
- KLEIBER, M. (1975). The fire of life. Huntington, N.Y.: Robert E. Kreiger Publ. Co.
- KOCK, S.W. y PRESTON, R.L. (1979). Estimation of bovine carcass composition by urea dilution technique. J. Anim. Sci. 48:319-322.
- KRAYBILL, H.F.; BITTER, H.L.; HANKINS, O.G. (1952). Body composition of eatble. II. Determination of fat and water content from measurement of body specific gravity. J. Appl. Physiol. 4:575-578.

- LANGLANDS J.P. y SUTHERLAND, H.A.M. (1968). An estimate of the nutrients utilized for pregnancy by Merino sheep. Br. J. Nutr. 22:217-227.
- LANGLANDS J.P. y SUTHERLAND, H.A.M. (1969). An estimate of the nutrients utilized for live-weight gain by Merino sheep. Br. J. Nutr. 23:603-609.
- LISTER, D. (1984). In vivo measurement of body composition in meat animals Elsevier Applied Science Publishers. London and New York.
- LITTLE, D.A. y McLEAN, R.W. (1981). Estimation of the body chemical composition of live cattle varying widely in fat content. J. agric. Sci., Camb. 96:213-220.
- LITTLE, D.A. y MORRIS, J.G. (1972). Prediction of the body composition of live cattle. J. agric. Sci., Camb. 78:505-508.
- LODGE, G.A. y HEANEY, D.P. (1973-a). Composition of weight change in the pregnant ewe. Can. J. Anim. Sci. 53:95-105.
- LODGE, G.A. y HEANEY, D.P. (1973-b). Energy cost of pregnancy in single and twin bearing ewes. Can. J. Agric. Sci. 53:479-489.
- LODGE, G.A. y HEANEY, D.P. (1975). Influence of feed allowance during pregnancy on reproductive performance of ewes and growth of suckled and artificially reared lambs. Can. J. Anim. Sci. 55:533-544.
- LOEPPKY, J.A. ; MYHRE, L.G. ; VENTERS, M.D. ; LUFT, U.C. (1977). Total body water and lean body mass estimated by ethanol dilution. J. Appl Physiol: Respirat. Environ. Exercise Physiol 42:803-807.
- LOTHMAN, T.G. (1971). Biological variation in body composition. J. Anim. Sci. 32:647-653.
- LOUCA, T.D. ; MAUROGENIS, A. ; LAWLOR, M.J. (1974). Effects of plane of nutrition in late pregnancy on lamb birth weight and milk yield in early lactation of Chios and Awasi sheep. Anim. Prod., 19:341-349

- MARTIN, R.A. y EHLE, F.R. (1986). Body composition of lactating and dry Holstein cows estimated by deuterium dilution. J. Dairy Sci. 69: 88-98.
- McCARTHY, F.D. ; HAWKINS, D.R. ; BERGEN, W.G. (1983). The effect of frame size on composition of gain in feedlot cattle. Michigan State Beef Cattle Res. Rep. 44: 18-22.
- McCLELLAND, T.H. y FORBES, T.J. (1968). A study of the effect of energy and protein intake during late pregnancy on the performance of house Scottish Blackface. Rec. Agric. Res. 17: 131-139.
- McCLELLAND, T.H. y RUSSEL, A.J.F. (1972). The distribution of body fat in Scottish Blackface and Finnish Landrace lambs. Anim. Prod., 15: 301-306.
- McDONALD, I. ; ROBINSON, J.J. ; FRASER, C. ; SMART, R.I. (1979). Studies on reproduction in prolific ewes. The accretion of nutrients in the fetuses and annexa. J. agric. Sci., Camb. 92: 591-603.
- McDONALD, H.P. y RUSSEL, W.S. (1976). The relationship between live weight of ewe at mating and weight of newborn lamb. Anim. Prod., 12: 273-280
- McDOUGALL, E.J. ; VERZAR, F. ; ERLÉNMEYER, H. ; GAERTNER, H. (1934). Heavy water in the animal body. Nature, 134: 1006.
- McFARLANE, W.B. y HOWARD, B. (1972). Comparative water and energy economy of wild and domestic mammals. Symp. zool. Soc. Lond. 31: 261-296.
- McGRAHAM, N. (1964). Energy exchanges of pregnant and lactating ewes. Aust. J. Agric. Res., 15: 127-141.
- McKIE, W.S. y FELL, B.F. (1971). The half-life of serum albumin in relation to liver hypertrophy in the lactating ewe. Research in Veterinary Science, 12: 54-58.

- McMANUS, W.R. ; PRICHARD, R.K. ; BAKER, C. ; PETRUCHERIA, M.J.** (1969). Estimation of water content by tritium dilution of animals subjected to rapid live weight changes. J. agric. Sci., Camb. 72: 31-40.
- MEISSNER, H.H.** (1976). Urea space versus tritiated water space as an in vivo predictor of body water and body fat. S. Afri. J. Anim. Sci. 6: 171-175.
- MEISSNER, H.H. ; STADEN, J. H. VAN ; PRETORIUS, E.** (1980-a). In vivo estimation of body composition in cattle with tritium and urea dilution. 1. Accuracy of prediction equations for the whole body. S. Afric. J. Anim. Sci. 10: 165-173.
- MEISSNER, H.H. ; STADEN, J. H. VAN ; PRETORIUS, E.** (1980-b). In vivo estimation of body composition in cattle and tritium and urea dilution. 2. Accuracy of prediction equations of the chemical analysed carcass and non-carcass components. S. Afric. J. Anim. Sci. 10: 175-181.
- MEISSNER, H.H. ; NAUDE, R. T. ; VENTER, H. J. ; PRETORIUS, E.** (1980-c). In vivo estimation of body composition in cattle with tritium and urea dilution. 3. Accuracy of prediction equations for muscle, bone and dissectable fat in the carcass. S. Afric. J. Anim. Sci. 10: 183-188.
- MELLOR, D. J. y MURRAY, L.** (1985-a). Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on calostrum production in scottish Blackface ewes with twin lambs. Res. Vet. Sci. 39: 230-234
- MENDEZ, J. ; PROKOP, E. ; PICON-REATEGUI, E. ; AKERS, R. ; BUSKIRK, E. R.** (1970). Total body water by D<sub>2</sub>O dilution using saliva samples and gas cromatography. J. appl. Physiol. 28: 354-357.
- MEYER, J. H.** (1962). Removing sources of error in lamb feeding experiments. J. Anim. Sci. 21: 127-131.
- MORRIS, R. J. H. ; HOWARD, B. ; McFARLANE, W. V.** (1962). Interaction of nutrition and air temperature with water metabolism of Merino wethers shorn in winter. Aust. J. Agric. Res. 13: 320-334.

- MORRIS, F. H. ; ROSENFELD, C. R. ; RESNIK, R. ; MESCHIA, G. ; MAKOWSKI, E. L. ; BATTAGLIA, F. C. (1974). Growth of uterine oxygen and glucose uptakes during pregnancy in sheep. Gynecol. Invest. 5:230-241.
- MOULTON, C. R. (1923). Age and chemical development in mammals. J. Biol. Chem. 57:79-81.
- MOULTON, C. R. ; TROWBRIDGE, P. F. ; HAIGH, L. D. (1922). Citado por ROBELIN, J. (1983). Estimation de la composition corporelle des animaux à partir des espaces de diffusion de l'eau marquée. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 13:285-305.
- MURRAY, J. A. (1922). Citado por ROBELIN, J. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 13:285-305 (1973).
- ODWONGO, Willie. O. ; CONRAD, H. R. ; STAUBUS, A. E. (1984). The use of deuterium oxide for the prediction of body composition in live dairy cattle. J. Nutr. 114:2127-2137.
- OPSTVEDT, J. y RONNING, M. (1967). Effect upon lipid metabolism of feeding alfalfa hay or concentrate "*ad libitum*" as the sole feed for milking cows. J. Dairy Sci. 50:345-354.
- ØRSKOV, E. R. y McDONALD, I. (1970). The utilization of dietary energy for maintenance and for fat and protein deposition in young growing sheep. Proceedings of the 5<sup>th</sup> Symposium on Energy Metabolism:121-124. Edit. A. Schurch and C. Wenk. -Juris Druck-Verlag. Zurich. (E.A.A.P. Publ. n°13).
- ØRSKOV, ØRSKOVE, R. ; McDONALD, I. ; GRUBB, D. A. ; PENNIE, K. (1976). The nutrition of the early weaned lamb. IV. Effects on growth rate, food utilization and body composition of changing from a low to a high protein diet. J. agric. Sci., Camb. 86:411-423.
- OSMAN, A. H. ; EL SHAFIE, S. A. ; KHATTAB, A. G. H. (1970). Carcass composition of fattened rams and wethers of Sudan Desert sheep. J. Agric. Sci., Camb. 75:257-263

- PACE, N. y RATHBUN, E.N.** (1945). Studies on body composition. III. The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. J. Biol. Chem. 158:685-691.
- PAINTER, E.E.** (1940). Citado por Dumont B.L. Ann. Nutr. Alim. 12:95-158 (1958).
- PALADINES, O.L.; REID, J.T.; BENSADOWN, A.; VAN NIEKERK, B.D.H.** (1964). Heat of combustion values of the protein and fat in the body and wool of sheep. J. Nutr. 82:145-149.
- PANARETTO, B.A.** (1963). Body composition in vivo. III. The composition of living ruminants and its relation to the tritiated water spaces. Aust. J. Agric. Res. 14:944-952.
- PANARETTO, B.A.** (1964). Body composition in vivo. VI. The composition of ewes during prolonged undernutrition. Aust. J. Agric. Res. 15:771-787.
- PANARETTO, B.A.** (1968). Body composition in vivo. IX. The relation of body composition to the tritiated water spaces of ewes and wethers fasted for short periods. Aust. J. Agric. Res. 19:267-272.
- PANARETTO, B.A. y LITTLE, D.A.** (1965). Body composition in vivo. VII. The relation between red cell volume and total body water in ewes. Aust. J. Agric. Res. 16:661-665.
- PANARETTO, B.A. y REID, J.T.** (1963). Body composition in vivo. IV. Comparitions of the antipyrine and n-acetyl-4-aminoantipyrine spaces in goats. Aust. J. Agric. Res. 15:180-194.
- PANARETTO, B.A. y TILL, A.R.** (1963). Body composition in vivo. II. The composition of mature goats and its relationship to the antipyrine, tritiated water, and n-acetyl-4-Aminoantipyrine spaces. Aust. J. Agric. Res. 14:926-943.
- PARAMIO, M. Teresa. y FOLCH, J.** (1985). Puntuación de la condición corporal en la oveja Rasa Aragonesa y su relación con las reservas energéticas y los parámetros reproductivos. I T E. A. 16:29-44.

- PEART, J. N. (1968). Lactation studies with Blackface ewes and their lambs. J. agric. Sci., Camb., 70: 87-94.
- PEART, J. N. (1970). The influence of live weight and body condition on the subsequent milk production of Blackface ewes following a period of undernourishment in early lactation. J. agric. Sci., Camb., 75: 459-469.
- PINSON, E. A. (1952). Water exchanges and barriers as studied by the use of hydrogen isotopes. Physiol. Rev. 32: 123.
- PINSON, E. A. y LANGHAN, W. H. (1957). Physiology and toxicology of tritium in man. J. Appl. Physiol. 10: 108-126.
- PRESTON, R. L. y KOCK, S. W. (1973). In vivo prediction of body composition in cattle from urea space measurements. Proc. Soc. exp. Biol. and Med. 143: 1057.
- PURROY, A. (1978). Mesure de la composition corporelle des brebis a differents stades du cycle de reproduction par la méthode des espaces de diffusion. These Docteur 3<sup>e</sup>. Cycle INRA-Theix. Clermont-Ferrand (France).
- PURROY, A. y SEBASTIAN, I. (1987). Relación entre la nota de condición corporal ("Body Condition Score") y el estado de carnes de ovejas RA y F<sub>1</sub> (Ro x RA). ITEA Vol. Extra-7: 129-131.
- RATTRAY, P. V.; GARRETT, W. N.; EAST, N. E.; HINMAN, N. (1974-a). Efficiency of utilization of metabolizable energy during pregnancy and the energy requirements for pregnancy in sheep. J. Anim. Sci. 38: 383-393.
- RATTRAY, P. V.; GARRETT, W. N.; HINMAN, N. (1973-a). Net energy requirements of ewe lambs for maintenance, gain and pregnancy and net energy values of feedstuffs for lambs. J. Anim. Sci. 37: 853-857.
- RATTRAY, P. V.; GARRETT, W. N.; HINMAN, N.; EAST, N. E. (1974-b). Effects of level of nutrition, pregnancy and age on the composition of wool - free ingesta- free body and carcass of sheep. J. Anim. Sci. 39: 687-693.



- RATTRAY, P.V.; GARRETT, W.N.; HINMAN, N.; GARCIA, I.; CASTILLO, J. (1973-b). A system for expressing the net energy requirement and net energy content of feeds for young sheep. J. Anim. Sci. 36:115-120.
- RATTRAY, P.V.; GARRETT, W.H.; MEYER, H.H.; BRADFORD, G.E.; EAST, N.E.; HINMAN, N. (1973-c). Body and carcass composition of Targhee and Finn-Targhee lambs. J. Anim. Sci. 37:892-897.
- RATTRAY, P.V.; TRIGG, T.E.; URLICH, C.F. (1980). Energy exchanges in twin-pregnant ewes. En Energy Metabolism (L.E. Mount, Ed.) 325-328. Butterworths. London.
- REARDON, T.F. (1969). Relative precision of the tritiated water on slaughter techniques for estimating energy retention in grazing sheep. Anim. Prod. 11:453-460.
- REASER, P.B. (1958). Determination of deuterium oxide in water by measurement of freezing point. Science, 123:415-416.
- REID, J.T.; BALCH, C.C.; HEAD, M.J. (1957). Use of antipyrine and N-acetyl-4-aminoantipyrine in the measurement of body water and the intraruminal water of the gastro-intestinal tract of living cattle. Nature, 179:1034.
- REID, J.T.; BENSADOUN, A.; BULL, L.S.; BURTON, J.H.; GLEESON, P.A.; HAN, I.K.; JOO, Y.D.; JOHNSON, D.E.; McMANUS, W.R.; PALADINES, O.L.; STROUD, J.W.; TYRRELL, H.F.; VANNIEKERK, B.D.H.; WELLINGTON, H.G.; WOOD, J.D. (1968). Changes in body composition and meat characteristics, accompanying growth of animals. Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed. Manuf. 18-37.
- REID, J.T. y ROBB, J. (1971). Relationship of body composition to energy intake and energetic efficiency. J. Dairy Sci. 54:553-564.
- REID, I.M.; ROBERTS, C.J.; BAIRD, G.D. (1980). The effects of underfeeding during pregnancy and lactation on structure and chemistry of bovine liver and muscle. J. agric. Sci., Camb. 94:239-245.

- REMOND, B. y JOURNET, M. (1978). Effet du niveau d'apport azoté à des vaches au début de la lactation sur la production laitière et l'utilisation de l'azote. Ann. Zootech. 27(2):139-158.
- ROBELIN, J. (1973). Estimation de la composition corporelle des animaux à partir des espaces de diffusion de l'eau marquée. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 13:285-305.
- ROBELIN, J. (1977). Estimation in vivo de la composition corporelle des agneaux à partir de l'espace de diffusion de l'eau lourde. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 17:95-105.
- ROBELIN, J. (1981). Estimation of body composition by dilution techniques in nutrition experiments. C.E.C. Workshop on "in vivo estimation of body composition in cattle". Copenhagen:1-12
- ROBELIN, J. (1982-a) A note on the estimation in vivo of body fat in cows using deuterium oxide or adipose cell size. Anim. Prod. 34:347-350.
- ROBELIN, J. (1982-b). Relation between deuteriated water space estimated in vivo and body water in growing cattle. Reproduction, Nutrition, Développement. 22:65-73
- ROBELIN, J. y GEAY, Y. (1975). Estimation de la composition des carcasses de jeunes bovins à partir de la composition d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la 11ème cote. I- Composition anatomique de la carcasse. Ann. Zootech. 25:(2), 259-272.
- ROBELIN, J. y GEAY, Y. (1978). Estimation de la composition chimique du cors entier des bovins à partir du poids des dépôts adipeux totaux. Ann. Zootech. 27:159-167.
- ROBELIN, J.; GEAY, Y.; BERANGER, C. (1975). Estimation de la composition des carcasses de jeunes bovins mâles à partir de la proportion de dépôts adipeux d'un morceau monocostal prélevé au niveau de la cote. Ann. Zootech. 24:323-326.
- ROBERTS Susan B. y COWARD W.A. (1986). Lactation increases the efficiency of energy utilization in rats. J. Nutr. 114 (12):2193-2200.

- ROBINSON, J.J. (1977). The influence of maternal nutrition on ovine foetal growth. Proc. Nutr. Sci. 36:9-16.
- ROBINSON, J.J. (1986). Changes in body composition during pregnancy and lactation. Proc. Nutr. Soc. 45(1):71-80
- ROBINSON, J.J. (1983). Nutrition of the pregnant ewe. En: "Sheep Production" Ed. W. Haresing. Butterworths
- ROBINSON, J.J. y FORBES, T.J. (1968). The effect of protein intake during gestation on ewe and on lamb performance. Anim. Prod., 10:297-309.
- ROBINSON, J.J. ; FRASER, C. ; GILL, J.C. ; McHATTIE, I. (1974). The effect of dietary crude protein concentration and time of weaning on milk production and body-weight change in the ewe. Anim. Prod., 19:331-339.
- ROBINSON, J.J. ; GONZALEZ, J.S. ; McHATTIE, I. (1980). The effect of level of metabolizable energy intake on the response of lactating ewes to dietary supplements of fish meal. Anim. Prod., 30:484. Abstract n°81.
- ROBINSON, J.J. y McDONALD, I. (1979). Ovine prenatal growth, its mathematical description and effects of maternal nutrition. Effects of maternal nutrition. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys. 19:225-234.
- ROBINSON, J.J. ; McDONALD, I. ; FRASER, C. ; CROFTS, R.M.J. (1977). Studies on reproduction in prolific ewes. I. Growth of the products of conception. J. agric. Sci., Camb. 88:539-552.
- ROBINSON, J.J. ; McDONALD, J. ; McHATTIE, I. ; PENNIE, K. (1978) Studies on reproduction in prolific ewes. 4. Sequential changes in the maternal body during pregnancy. J. agric. Sci., Camb. 91:291-304.
- ROBINSON, J.J. ; McHATTIE, I. ; GALDERON-CORTES, J.F. ; THOMPSON, J. L. (1979). Further studies on the response of lactating ewes to dietary protein. Anim. Prod., 29:257-269.

- ROBINSON, J. J. y ØRSKOV, E. R. (1975). An integrated approach to improving the biological efficiency of sheep meat production. World Review of Animal Production. 11: 63-76.
- RUBNER, M. (1885). Citado por ELAXTER Y ROCK. Brit. J. Nut. 7: 83-91
- RUSSEL, A. J. F. ; DONEY, J. M. ; GUNN, R. G. (1969). Subjective assesment of body fat in live sheep. J. agric. Sci., Camb. 72: 451-454.
- RUSSEL, A. J. F. ; DONEY, J. M. ; GUNN, R. G. (1971). The distribution of chemical fat in the bodies of Scottish blackface ewes, Anim. Prod. 13: 503-509.
- RUSSEL, A. J. F. ; GUNN, R. G. ; DONEY, J. M. (1968). Components of weight loss in pregnant hill ewes during winter. Anim. Prod. 10: 43-51.
- SAUVANT, D. (1981). Alimentation énergétique des caprins. En: ITOVIC-INRA, Nutrition et systèmes d'alimenation de la chèvre: 55-79.
- SCALES, F. M. y HARRISON, A. D. (1920). Boric acid modification of the Kjeldahl method for cropand soil analysis. J. Ind. Eng. Chem., 12: 350-354.
- SCHOLOERB, P. R. ; FRISS-HANSEN, B. J. ; EDELMAN, I. S. ; SOLOMON, A. K. ; MOORE, F. D. (1950). The measurement of total body water in the human subject by deuterium oxide dilution. J. Clin. Invest. 29: 1296-1300.
- SEARLE, T. W. (1970). Prediction of body composition of sheep from tritiated water space and body weight-tests of published equations. J. agric. Sci., Camb. 75: 497-500.
- SEBASTIAN, I. (1987). Influencia del plano de alimetnación durante la gestación y la lactación sobre los rendimientos productivos en oveja F1: Romanov x Rasa Aragonesa. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- SEITCHICK, J. ; ALPER, C. ; SZUTKA, A. (1963). Changes in body composition during pregnancy. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110: 821-829.
- SEKHAR, Y. C. ; KHAN, M. ; SAXENA, K. K. (1980). Determination of body composition of bufalo calves by tritiated water technique. J. Nuc. Agric. Biol. 9: 14-15.

- SETCHELL, B. P. ; BASSETT, J. M. ; HINKS, N. T. ; RAHAM, N. McC. (1972). The importance of glucose in the oxidative metabolism of the pregnant uterus and its contents in conscious sheep with some preliminary observations on the oxidation of fructose and glucose by fetal sheep. Quart. J. Exp. Physiol. 57: 257-266.
- SHELTON, M. ; SMITH, G. C. ; ORTS, F. (1977). Predicting carcass cutability of Rambouillet rams using live animal traits. J. Anim. Sci. 44: 333-337.
- SHENG, H. P y HUGGINS, R. A. (1979). A review of body composition studies with emphasis on total body water and fat. Am. J. Clin. Nutr. 32: 630-647.
- SHIELDS, R. G. y MAHAN, D. C. (1983) Effects of pregnancy and lactation on the body composition of first-litter female swine J. Anim. Sci. 57: 594-603.
- SIDDIQUE, I. A. ; RAGHARAN, G. U. (1984). Effect of plane of nutrition on body composition of crossbred and Harijana calves. Ind. Vet. J. 61: 382-386.
- SIEBERT, B. D. (1971). Growth and water metabolism of cows and progeny on fertilized and unfertilized tropical pastures. Aust. J. agric. 22: 415-428.
- SMITH, N. E. y BALDWIN, R. L. (1974). Effects of breed, pregnancy and lactation on weight of organs and tissues in dairy cattle. J. Dairy Sci., Vol. 57, N° 9: 1055-1060.
- SMITH, B. S. W. y SYKES, D. R. (1974). The effect of route of dosing and method of estimation of tritiated water space on the determination of total body water and the prediction of body fat in sheep. J. agric. Sci., Camb. 82: 105-112.
- SOBERMAN, R. ; BRODIE, B. B. ; AXELROD, J. ; HOLLANDER, V. ; SLOCHE, J. M. (1949). Citado por SIDDIQUE, I. A. y RAGHAVAN, G. V. Ind. Vet. J., 61: 382-386. (1984).
- SORNET, J. (1979). Curso Superior de producción animal. IAM Zaragoza. Policopiado.

- SPARROW, R.C.; HEMKEN, R.W.; JACOBSON, D.R.; BUTTON, F.S.; ENLOW, C.M. (1973). Three protein percents on nitrogen balance, body-weight change, milk production and composition of lactating cows during early lactation. J. Dairy Sci., 56: 664 (Abstract)
- STERN, D.; ADLER, J.H.; TAGARI, H.; EYAL, E. (1978). Responses of dairy ewes before and after parturition to different nutritional regimens during pregnancy. I.-Ewe body weight, uterine contents, and lamb birth weight. Ann. Zootech. 27: 317-333.
- STOLD, W. (1952). Vorschlag zur vereinheitlichung der fettbestimmung in lebensmitteln. Fette u. Seifen., 54: 206-207.
- SYKES, A.R. (1974). The prediction of the body composition of hill sheep from body weight, red volume and tritiated water space. J. agric. Sci., Camb. 82: 269-275.
- SYKES, A.R. y FIELD, A.C. (1972-a). Effect of dietary deficiencies of energy, protein and calcium on the pregnant ewe. I. Body composition and mineral content of the ewe. J. agric. Sci., Camb. 78: 109-117.
- SYKES, A.R. y FIELD, A.C. (1972-b). Effect of dietary deficiencies of energy, protein and calcium on the pregnant ewe. II Body composition and mineral content of the lamb. J. agric. Sci., Camb. 78: 119-125.
- SYKES, A.R. y FIELD, A.C. (1972-c). Effect of dietary deficiencies of energy, protein and calcium on the pregnant ewe. III Some observations on the use of biochemical parameters in controlling energy undernutrition during pregnancy and on the efficiency of utilization of energy and protein for foetal growth J. agric. Sci., Camb. 78: 127-133.
- SYKES, A.R.; FIELD, A.C.; GUNN, R.G. (1974). Effects of age and state of incisor dentition on body composition and lamb production of sheep grazing hill pastures. J. Agric. Sci., Camb., 83: 135-143.
- THOMPSON, W.R.; MEISKE, J.C.; GOODRICH, R.D.; RUST, J.R.; BYERS, F.M. (1983). Influence of body composition on energy requirements of beef cows during winter. J. Anim. Sci. 56: 1241.

- THORNTON, V. y CONDON, F.G. (1950). Citado por BYERS, F.M. Anal. Bioch. 98:208-213 (1979-a).
- TILL, A.R y DOWNES, A.M. (1962). The measurement of total body water in the sheep. Aust. J. Agric. Res. 13:335-342.
- TISSIER, M.; ROBELIN, J. PURROY, A. GEAY, Y. (1978). Extraction et dosage automatique rapide de l'eau lourde dans les liquides biologiques. Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 18:1223-1228.
- TISSIER, M.; THERIEZ, M.; PURROY, A.; BOCQUIER, F. (1983). Estimation in vivo de la composition corporelle de la brebis par la mesure de l'espace de diffusion de l'eau lourde. Reproduction, Nutrition et Developpement. 23(4):693-707.
- TISSIER, M.; THERIEZ, M.; PURROY, A.; BRELURUT, A. (1980). Energy utilization by ewes during pregnancy and lactation. En: Energy Metabolism (L.E. Mount, Ed.): 329-333. Butterworths, London.
- TREACHER, T.T. (1970). Effects of nutrition in late pregnancy on subsequent milk production in ewes. Anim. Prod., 12:23-36
- TREACHER, T.T. (1971). Effects of nutrition in pregnancy and in lactation on milk yield in ewes. Anim. Prod. 13:493-501.
- TRIGG, T.E.; DOMINGO, E.A.; TOPPS, J.M. (1978). A comparison of three different isotopic methods for measuring body components of sheep. J. Sci. Fd Agric. 29:1007-1016.
- TRIGG, T.E.; JURY, K.E.; BRYANT, A.M.; PARR, C.R. (1980). The energy metabolism of dairy cows underfed in early lactation. Proc. 8th Symp. Energy Metab., EAAP Publ., 26:345-349.
- TRIGG, T.E.; MILLER, T.B.; TOPPS, J.H. (1974). Chemical composition of body weight change in lactating beef cows. Proceedings of the Nutrition Society, 33:75A-76A (Abstract).
- TRIGG, T.E. y TOPPS, J.M. (1981). Composition of body weight change during lactation in Hereford x British Friesian cow. J. agric. Sci., Camb. 97:147-157.

- TRUSCOTT, T.G. ; WOOD, J.D. ; McFIE, H.J.H. (1983). Fat deposition in Hereford and Friesian steers. 1. Body composition and partitioning of fat between depots. J. agric. Sci., Camb. 100: 257-270.
- TURNER, M.D. ; NEELY, W.A. ; HARDY, J.D. (1960). Rapid determination of D<sub>2</sub>O in biological fluids. J. appl. Physiol. 15: 309-311.
- TYRRELL, H.F. y HAALAND, G.L. (1983). A note on the body composition of dry, just calved, and mid-lactation Holstein cows. J. Dairy Science 66. Suppl. 1: P136.
- VAN ES, A.J.H. (1977). The energetics of fat deposition during growth. Second Nutrition Conference, Munich, 1976. Nutr. Metab. 21: 88-104.
- VAN HORN, H.H. ; ZOMETA, C.A. ; WILCOX, C.J. ; MARSHALL, S.P. ; HARRIS, B.J.R. (1979). Complete rations for dairy cattle. VII - Effect of percent and source of protein on milk yield and ration digestibility. J. Dairy Sci. 62: 1086-1093.
- VAN NIEKERK, B.D.H. ; REID, J.T. ; BENSADOUN, A. ; PALADINES, O.L. (1963) Urinary creatinine as an index of body composition. J. Nutr. 79: 463-473.
- VERMA, D.M. ; SINGH, U.B. ; GHOSH, T.K. (1980). Measurement of TOH space using different methods for extraction of water from plasma in buffalo. J. Nuc. Agric. Biol. 9: 30-31.
- WAGNER, J.G. (1975). Linear pharmacokinetic models. In: Fundamentals of Clinical Pharmacokinetics: 57-229, Drug Intelligence Publications, Inc., Hamilton, IL.
- WASHBURN, H.W. ; BERRY, C.E. ; HALL, L.G. (1953). Measurement of deuterium oxide concentration in water samples by the mass spectrometer. Anal. Bioch. 25: 130-134.
- WEBSTER, A.J.F. (1977). Selection for leanness and the energetic efficiency of growth in meat animals. Proc. Nutr. Soc. 36: 53-59.
- WEDGEWOOD, R.J. (1963). Inconstancy of the lean body mass. Ann. NY Acad. Sci. 110: 141-152.



- WELLINGTON, G. N. ; REID, J. T. ; BRATZLER, L. T. ; MILLER, J. I. (1956).  
Use of antipyrine in nutritional and meat studies with  
cattle. J. An. Sci., 15: 76-85
- WESTON, R. H. (1979). Digestion during pregnancy and lactation in  
sheep. Ann. Rech. Vét. 10: (2/3), 442-444.
- WILLIAMS, R. H. ; KAY, G. A. (1945). Citado por Dumont B. L. Ann. Nutr.  
Alim. 12: 95-158 (1958).
- WHITE, A. ; HANDLER, P. ; SMITH, E. L. (1964). Principles of  
Biochemistry. Mc. Craw Hill, London.
- WHITTING, F. ; BALCH, C. C. ; CAMPLING, R. C. (1960). Some problems in  
the use of antipyrine and N-acetyl-4-aminoantipyrine in  
the determination of body water in cattle. Brit. J. Nutr. J.  
agric. Sci., 14: 519-533.